李瑞敏　夏晓敬　等◎编著

城市道路交通组织方法与实践

清华大学出版社

城市道路交通组织方法与实践

李瑞敏　夏晓敬　编著

清华大学出版社
北　京

内 容 简 介

近年来,我国城市道路压力不断增加,各界人士为提高城市道路交通系统运行效率,不断进行实践与探索。同时,在可持续发展理念的推动下,国内外的道路交通组织理念也在不断发生变化。本书结合了近年来国外一些在道路优化设计方面的动向,对城市道路交通组织的部分典型方法进行了介绍,主要内容包括:完整街道、道路重塑、潮汐车道、交叉口车道优化、信号协调控制、指路系统设计,以及应对电动自行车的交通组织方法等。本书可为相关课程(如交通管理与控制等)提供学习参考,亦可作为高等院校、科研机构、企业单位中从事交通管理相关工作的各类人员的参考读本。

图书在版编目(CIP)数据

城市道路交通组织方法与实践/李瑞敏等编著. —北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-46951-3

Ⅰ. ①城… Ⅱ. ①李… Ⅲ. ①城市道路—交通运输管理 Ⅳ. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 074139 号

责任编辑: 秦 娜
封面设计: 陈国熙
责任校对: 刘玉霞
责任印制: 沈 露

出版发行: 清华大学出版社
网 址: http://www.tup.com.cn,http://www.wqbook.com
地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 **邮 编:** 100084
社 总 机: 010-62770175 **邮 购:** 010-62786544
投稿与读者服务: 010-62776969,c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质量反馈: 010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 刷 者: 北京鑫丰华彩印有限公司
装 订 者: 三河市溧源装订厂
经 销: 全国新华书店
开 本: 170mm×240mm **印 张:** 11.5 **字 数:** 230 千字
版 次: 2017 年 5 月第 1 版 **印 次:** 2017 年 5 月第1 次印刷
印 数: 1～1500
定 价: 99.00 元

产品编号:074202-01

前 言

FOREWORD

城市道路交通系统是一个社会—技术要素共存的复杂联合体,各种类型的交通基础设施是支撑城市交通活动的重要基础。由于人类工作、生活、游憩、休闲等方面的特性,各类出行者在城市道路交通网络中的时空分布并不是平衡的,因此造成某时段内交通参与者在道路交通网络中的某些位置出现较大程度的聚集,从而导致各类交通拥堵现象的产生。

受土地、财政等资源的制约,城市道路交通系统的基础设施不可能无休止地扩建,在一定的城市道路交通系统基础设施的约束下,如何充分协调道路基础设施的时空资源,实现时空资源的优化利用,平衡各类交通方式出行者的需求并实现城市道路交通系统的可持续发展,是数十年来城市道路交通管理中所面临的挑战和难题。

我国的城市由于用地布局形态、城市路网结构等方面的特点,近年来随着机动化程度的不断提高,在表现出与发达国家类似的交通拥堵等问题的同时,也在某些方面体现了我国城市道路交通系统的一些特点,也给我国城市道路交通管理提出了新的课题。

城市道路交通组织是城市交通管理的重要组成部分,也是优化利用城市道路时空资源的重要手段。近年来,单向交通、流向禁限、车种禁限、专用车道等交通组织方式已经在我国的众多城市得到了较为广泛的应用,并且取得了良好的效果,提高了城市道路交通管理水平。

基于我国城市及交通系统的特点,近年来各地交通管理部门等参考国外的管理理念和实践案例,充分结合本地、本交叉口的特点等,从缓解交通拥堵、改善交通运行水平等角度出发,提出和尝试了多种较为新型的交通组织方式,从长路段潮汐交通的应用,到面向交叉口的借道左转、可变进口道等的探索,为我国道路交通管理工作增加了新的工具和手段。

近年来国际上在发展过程中,亦注意到传统的以机动车为优先考虑对象的道路设计、交通组织等工作存在着一定的问题,从优化道路资源、发展可持续交通等

方面入手，提出了诸如“完整街道”“道路重塑”等概念，从而对传统的道路交通组织进行进一步优化。

然而，必须注意到的是，任何一种交通组织方法都有其适用的范围、背景、条件等，当不满足其应用条件时，勉强使用可能带来负面的影响，因此，需要总结经验、积极探索、不断完善，以便为交通组织方法的成熟和推广提供支撑。

本书针对近年来国内外出现的一些交通组织理念与方法进行了介绍，结合一些已有的研究与应用案例，采用基础理论分析与案例应用介绍相结合的方式，较为系统地介绍了所涉及的每一种交通组织方法的概念、发展、特点等，以便起到参考借鉴的作用。

道路交通组织以工程技术为基础，以灵活创新为驱动，涉及交通流理论、交通工程学、交通规划、交通信号控制等众多领域的知识，本书在此不再详细介绍与之相关的各类基础知识，而主要以各类组织方法及案例应用为主介绍，以便达到交流借鉴的目的。

本书由多位作者编写而成，具体分工如下：第 1 章：李瑞敏、李艳东；第 2 章：李瑞敏、叶朕、夏晓敬；第 3 章：李瑞敏、熊赟、赵新勇；第 4 章：李学军、李瑞敏；第 5 章：林科、洪波、陈宁宁；第 6 章：王俊骅；第 7 章：王灏、黄勇；第 8 章：李瑞敏、杨帆航、夏晓敬。全书由李瑞敏、夏晓敬统稿。

感谢清华大学出版社秦娜编辑对本书的关注、支持、完善、建议以及辛苦的编校工作。本书在出版过程中得到国家科技支撑计划课题(2014BAG03B03)的支持，本书编写过程中得到了课题承担单位北京易华录信息技术股份有限公司、清华大学等单位领导和有关同志的支持和关心，在此向所有支持人士表示衷心感谢！

道路交通组织技术还处于不断发展创新当中，本书部分内容是对当前发展状况的理解和总结，疏漏之处还请各位读者批评指正。

编　者

2017 年 1 月

目　录

CONTENTS

第1章

概　　述



1.1　城市道路交通系统

随着我国城市化、机动化进程的日渐推进，城市道路交通系统作为一个综合的社会—技术系统的复杂性也日渐体现，其复杂性体现在组成系统的各个功能子系统既互相依存又互相制约，而每一个子系统又有其相对的独立性。这样，各个功能子系统就既有自己特殊的内部功能结构和内在的运行机制，同时又以其他子系统为自己存在和运转的外部环境，彼此相互依存、相互影响。

城市道路交通系统的复杂性另一方面体现在城市道路交通系统的运行状况与其外部环境状况（城市的其他功能子系统）之间密切的相互制约关系，如城市发展规模、形态、功能结构、土地使用布局、社会经济形态与总体发展水平、城市运行管理体制与政策法规、交通政策乃至人口规模、结构等，无一不影响着城市道路交通系统的运行状况。反过来，它们又无一不受到城市道路交通系统发展状况的反向制约。

发展至今，我国的城市道路交通系统在支撑城市社会经济快速发展的同时，也日渐显现出了自身的问题，常见的如道路交通拥堵、交通事故频发、能源消耗加剧、空气污染严重等情况，其中尤为突出且与出行者密切相关的是城市道路系统的交通拥堵及由此导致的安全、能耗、污染等问题。

城市道路交通系统的复杂性、道路交通参与者的多样性决定了城市道路交通

拥堵问题的复杂性，缓解城市道路交通系统的拥堵也是一个系统性工程，需要从城市规划、交通规划、交通管理等多个层面入手，从提高供给和控制需求实现供需均衡的角度出发，综合应用多层次、全方位的手段来应对城市道路交通拥堵问题。

而在一定的城市道路交通基础设施的状况下，良好的城市道路交通管理方式和手段能够提高已有基础设施的利用效率，改善城市道路交通流的状况，是应对城市道路交通拥堵的重要措施。城市道路交通管理涉及内容较多，其中一个重要的组成部分就是城市道路交通组织管理，其作为一种现代科学技术要求较高的社会行政行为在现今的城市道路交通管理中发挥着重要的作用。



1.2 城市道路交通组织管理

1.2.1 概述

城市道路交通组织管理是在城市道路交通网络中综合运用多种手段对道路交通流（包括各类机动车、非机动车和行人）的流量、流向、流速预先进行组织设计，在有限的道路空间上，通过科学合理地对交通流进行时间组织、空间组织、车种组织、流向组织、速度组织等，使道路交通流始终处于有序、高效、安全的运行状态，实现道路交通网络、路段、交叉口等不同层面的均衡运行。

城市道路交通组织管理的方式可以作为确定道路的断面形式及渠化形式、交叉口形式、交通标志、标线、信号灯设置、制定交通管制对策等的依据，城市道路交通组织优化即把城市各级道路所组成的区域道路交通网络作为一个不停运行的有机整体来进行管理。

道路交通组织管理的目的就是通过采取一系列的交通组织管理措施以及实施必要的工程措施，设置相应的交通管理设施，缓解交通节点的供需矛盾，均衡分布路网交通流，减少各类交通流之间的干扰，使交通运行有序化，使交通流在整个研究区域的路网空间内的运行更有序、高效，从而最大限度地利用道路资源，使车辆的总体运行时间最短，实现研究区域内交通的良性运行。合理地协调局部效益和整体效益之间的关系，最大限度地提供适宜的运行条件，实现系统总体最优，是交通组织的最终目标。

道路交通组织管理涉及城市规划设计、交通规划、道路工程设计、交通管理等多个领域的知识，同时还需要有交通心理学、交通工程学等基础理论的支撑。道路交通组织优化的成果是从道路规划开始，贯穿于城市设计、道路方案设计、初步设计、施工图设计、道路交通工程设计以至道路交通管理的整个阶段。它为道路设计提供交叉口的形式、道路进出口的设置、路段的单双向交通设置，为交通标志的设置、交通管理，为道路所划分的每一个交通单元的建筑开口的选择等提供可靠的依据。

1.2.2　道路交通组织管理的原则

道路交通组织管理的方法和措施是在一定原则指导下制定和实施的，是实现科学的交通组织管理的前提。依据城市道路交通的特点和交通影响因素，在进行道路交通组织管理时应遵循以下几个基本原则。

1. 适应城市社会经济发展原则

道路交通组织管理有多种可以采用的方法和措施，不同的方法和措施有其适用的城市发展阶段、道路网络环境及道路基础设施环境。现阶段我国各类城市由于发展阶段的不同，在道路交通基础设施完善程度、道路交通流构成、道路交通参与者素质等多个方面存在很大的差异。因此，在进行城市道路交通组织管理规划设计时，必须从城市社会、经济发展的实际水平及机动化水平出发，量力而行，提高组织管理措施方案的适应性，以有效缓解交通问题为基本的设计原则。

2. 以人为本、适应城市可持续发展原则

交通组织管理应以方便绝大多数出行者为准则。在制定措施和方法时要考虑人们的心理因素和接受能力，以绝大多数交通参与者为服务对象，兼顾环境和民生的因素。道路空间的价值及其交通的本质，就是为人们提供活动空间，满足人的需要，因此应在尽可能照顾行人、骑车人的前提下，进行混合交通的综合组织管理。同时，道路交通组织管理方法及措施必须以城市的可持续发展为指导，与城市空间发展布局互相促进，达到组织管理的合理性和整体性要求。

3. 面向实施、换位思考原则

在实施组织管理措施时，应从交通参与者的角度充分考虑措施带来的影响，站在被组织的交通参与者的角度来看实施交通组织管理措施会带来的影响和效果，以此来进一步完善交通组织管理措施。同时，交通组织管理措施实施的力度要循序渐进，充分考虑人们的接受程度，以达到组织管理实施的合理性和人性化。

4. 组织管理微观原则

在进行道路交通组织管理时，有如下一些微观原则需要考虑：

(1) 交通流分离原则：对不同流向、不同种类的交通流应在交通空间、时间上分离，避免发生交通冲突；

(2) 交通流量均分原则：运用合理的调节、疏导等措施，使路网的压力平均分配；

(3) 交通连续原则：保证交通参与者在时间、空间、交通方式上保持连续性；

(4) 交通总量控制原则：对于饱和的中心区路网、主要干道、较大的交叉口等，注意削减该路网、路段及交叉口的总流量；

(5) 优先通行原则：优先是指对某一种车辆或车流给予特殊待遇，有车种及流向优先，如公交专用道(优先道)、直行车流优先、主路(或环岛内)车流优先等。

5. 整体性、系统性原则

道路交通组织需要从城市或区域的整体路网及用地性质的角度来研究分析并解决问题，首先需要从宏观整体上把握区域交通问题出现的根由及表现，再由宏观到微观，通过不同地点范围的不同交通组织措施来缓解所出现的交通问题。

在策略的采取上，既要关注于行车与停车这一对动静态交通关系的处理，同时，要在路网各静态通行能力资源配置的基础上，根据路网各节点流量负荷，进行流量流向的实时动态调整，通过不同节点的交通压力的转移来达到路网交通压力均分的目的，强化对路网的动态调控能力。



1.3　道路交通组织管理的分类

1.3.1　按照范围分类

根据道路交通组织管理措施的影响范围来看，可以分为宏观交通组织、中观交通组织和微观交通组织(见表 1-1)。

表 1-1　道路交通组织管理分类

类　　型	内　　容	重　　点
宏观交通组织	平衡城市道路交通系统的供给与需求	通过政策、法规来引导交通发展，以扩大交通供给和控制交通需求为手段，平衡交通供需关系，往往以整个城市区域为主要对象
中观交通组织	时间上削峰填谷，空间上控密补稀	均分区域路网内各交叉口、路段交通压力，以区域路网为主要对象
微观交通组织	时间上争分夺秒，空间上寸土必争	冲突点上的冲突分离，以交叉口、路段为主要对象

1. 宏观交通组织

宏观交通组织的主要内容是平衡城市道路交通系统的供需关系，面向的对象通常是整个城市区域或某个组团区域，通常采取的措施以规划措施、行政措施为主，对提倡的出行模式给以优先考虑，同时限制不提倡的出行模式的便利程度。宏观交通组织的相关措施例如交通需求管理、公交优先策略、全市范围的禁限行措施等。

2. 中观交通组织

中观交通组织的主要对象是城市中的某个区域，通常是由多个交叉口、路段或大型交通流量集散点及其周边路网所构成。重点是解决路网中某个区域的交通问题，包括由于长期或短期的供需倒置及交通秩序混乱等导致的交通拥堵问题。中观交通组织的思路通常有如下几种：区域内交通压力的均分、区域外交通流的调

整、时间上的均衡、区域交通需求的控制等。常用的一些中观交通组织方式如沿某条道路走廊或某个城市区域进行的单向交通组织、流向禁限、可变车道、专用车道、禁行管理等。

3. 微观交通组织

微观交通组织管理优化是城市整体交通组织的基础，也是中观(区域)交通组织的基本单元。主要包括交叉口交通组织、路段交通组织、交叉口路段一体化交通组织，其组织重点是冲突分离、通行能力分配和路权分配。

从微观交通组织管理的内容来看，主要包括交叉口禁限流向与车种的确定，交叉口放行方法的确定，交叉口渠化，信号相位设置，信号相序与配时方案，交叉口管理方案，路段行人过街组织与渠化，路段公交站点及公交车道设计与渠化，导向车道、行车道、掉头、过街、公交站点一体化匹配设计，车道组织等。

1.3.2　按照措施类型分类

根据交通组织管理所采取的措施类型的不同，可以分为规划措施、设施措施和行政措施。

规划措施在道路交通组织中起到重要的作用，其核心是针对特定区域内交通流的特性及其变化趋势，从规划层面出发，协调布置道路交通基础设施结构和总量，充分利用现有道路空间，优化道路交通流在网络上的运行。

设施措施包括应用道路交通标志标线、交通信号等各类交通安全设施，交通管理设施和交通功能设施等，对城市道路交通流进行时间、空间、速度上的分离和管理。

行政措施中进行交通组织的最常用方式是交通管制。所谓交通管制是指交通管理部门根据交通管理法规，对车辆和行人在道路上的通行以及其他与交通有关的活动所制定的带有禁止、限制或指示性质的具体规定。

这三种措施虽然从各自的角度进行交通组织，但在具体实施时往往是相互结合、互相补充的。例如，在进行交叉口通行管制时，可能涉及交叉口的禁行组织、交叉口渠化、信号设置、标志标线设置等，往往需要将规划措施、设施措施和行政措施有机地结合在一起，才能达到对交叉口合理组织的目的。

从道路交通组织管理的时效性和对象来看，还可以分为静态交通组织和动态交通组织。静态交通组织主要是对道路交通基础设施的综合组织优化管理，通过利用各类措施，消除道路交通网络系统中存在的时间上和空间上的交通瓶颈，主要是对道路通行能力资源、停车资源等的组织优化。动态交通组织主要是针对道路交通网络上实时运行的交通流进行适应性调整，采用多种方式将道路交通流在网络上的实时分布均衡化，避免局部交通压力过大造成交通拥堵，重点是交通流量在道路网络上的动态分配，如自适应交通信号控制与交通诱导系统的整合。

在实践中还有一类城市道路交通组织管理措施是面向特定事件的交通组织管

理措施，例如面向奥运会、世博会、世界杯等大型活动的较长时段的交通组织；面向马拉松、球赛、音乐会等短时交通组织；面向地铁施工、道路施工等施工区域的交通组织等。

（主笔：清华大学 李瑞敏，北京易华录信息技术股份有限公司 李艳东）



参考文献

翟忠民，景东升，陆化普．道路交通实战案例[M]．北京：人民交通出版社，2007．

第2章

完整街道①

“城市之所以存在,在很大程度上是因为社交,而街道即便不能说是唯一的,也会是非常主要的社交场所”②,我国著名的《清明上河图》亦展现了北宋时期的繁华,其中不乏街道空间多种功能的体现。然而,时至今日,工业化带来的机动化进程的加快,使城市街道空间越来越多地向机动车倾斜,似乎在人们的意识中,街道仅为交通功能之用,而作为社会活动“空间”的功能正在逐渐消失。同时在街道的交通功能实现中,似乎也只是为机动车服务,而行人、自行车的空间惨遭严重挤压,已难以形成连续、合理、安全的通行空间。当前阶段城市街道更多地追求为快速机动交通服务的道的功能而忽略了城市空间重要组成部分的街的功能。

同时,街道的机动化所带来的另一严重后果是道路交通安全问题,例如,在美国,每年近5000位行人或自行车出行者死于道路交通事故。2007年和2008年,超过50%的行人死亡交通事故发生在干路,超过40%发生在无人行横道处。这些事故多发道路都有一些共同特点,如缺乏人行道或人行横道,车道太窄无法容纳自行车出行,换乘公共汽车的公交乘客空间很少或基本没有,缺少残疾人设施等,从本质上而言即是“不完整的”街道。而这种现象在我国的城市道路交通体系中也很常见。

将更多的街道空间用于机动化交通有缓解机动化交通拥堵之意,但现实表明

---

① 本章的部分内容来自:叶朕,李瑞敏. 完整街道政策发展综述[J]. 城市交通,2015,13(1):17-24.

② 阿兰·B. 雅各布斯. 伟大的街道[M]. 王又佳,金秋野,译. 北京:中国建筑工业出版社,2009.

并非修建足够多的道路即可缓解机动化交通拥堵。相反，建立充分考虑行人、自行车、公共交通出行者需求的具有良好活动空间的道路体系，恰恰可以减少机动化出行的需求，从而实现城市交通出行的优化与城市街道的繁荣。

随着对城市功能与道路功能的深入理解与反思，目前，街道设计已经成为衡量城市社区特性和居民生活质量的决定性因素之一，由此也导致对如下方面的要求越来越高，包括：改善街道的功能和景观；方便行人和自行车出行；减少潜在的超速和其他安全问题；引入恰当的设计元素，如绿化带、与非机动车分离的人行道，营造良好的街道氛围；在某些地区或区域，如住宅、商业区等，设置具备分支小路和拐角空间的短小街区，为步行者提供方便等。通过这些设计的不断完善，将“不完整的”街道转变为“完整街道”。因此对于已经建设的以“车本位”为导向的街道，需要通过交通组织等方式重新组织为满足各种交通方式出行需求以及兼顾考虑街道活动的“完整街道”。

本章在此介绍美国“完整街道”的相关概念与内容，一来“完整街道”的概念也应作为未来我国发展城市道路交通网络的一个参考，扭转目前日渐以机动车为导向的道路规划、设计、管理的局面；另一方面，在已有道路基础设施的基础上，在交通组织优化过程中也应当借鉴“完整街道”的理念，通过交通组织优化的手段为全部交通出行者提供良好的出行空间。对于众多我国城市而言，绝大多数没有快速路交通体系，城市街道基本为平面相交道路，在此背景下，应当重视公共交通、自行车、步行等出行方式的地位，构造完整的街道网络体系。

虽然比较遗憾的是，本书中的案例还是多针对机动车交通组织而言，但是希望“完整街道”的理念能够在未来给城市道路交通组织以更多的启示。



2.1　完整街道的概念与发展历史

2.1.1　完整街道的概念

美国于20世纪70年代开始提出了“完整街道”(complete street)政策。美国“全国完整街道联盟”给出的定义是：“完整街道的设计和运行应为全部使用者提供安全的通道。各个年龄段的行人、骑车人、机动车驾驶人和公交乘客，以及所有残疾人都能够安全出行和安全过街。建设完整街道意味着交通部门必须改变过去优先考虑小汽车的做法，确保所有人出行的安全。”

完整街道是一种交通政策和设计方法，通过对街道、公路和桥梁进行合理的规划、设计、运行和维护，以保障街道上所有交通方式出行者的通行权，满足出行需求和安全要求。

完整街道的规划和设计以适应所有当前和未来的出行者为目的，而不仅是针对驾车出行者。完整街道的发展目标是通过完善道路相关设施，为所有交通方式

的出行者提供一个公平的道路系统，包括所有年龄、所有出行方式及所有健康程度的使用者。

2.1.2　完整街道的历史

第二次世界大战以来，在快速机动化的驱使下，美国众多社区的设计理念是便于利用汽车方便快速地访问目的地。在农村和郊区，即使在公共交通、步行和自行车出行安全的区域，人们也常常将汽车作为唯一的交通工具。多年以来，一个以私人小汽车为核心的交通、基础设施和土地使用政策已经在某种程度上使得其他交通方式如步行、自行车和公共交通变得不切实际，而这种趋势近年来已经开始逐渐出现于我国的众多城镇地区。

1971 年，美国俄勒冈州颁布了第一个完整街道政策，要求新建或改建道路能够容纳自行车和行人，并要求州政府和地方政府对行人和自行车设施进行投资。此后，16 个州立法机构制定了完整街道法律。

2003 年，美国前国家完整街道联合会执行董事芭芭拉·麦肯建议用术语“complete streets”代替“routine accommodation”。2005 年，美国成立了完整街道联合会（National Complete Streets Coalition），其中包括美国退休人员协会、美国规划协会和美国景观设计师协会。

联邦层面的完整街道立法曾于 2008 年和 2009 年提出，但最终未能通过。2010 年，美国交通部发布了关于自行车和行人基础设施的政策声明，宣布将联邦资助的交通运输项目纳入其支持范围，并鼓励社区交通组织、公共交通机构、国家和地方政府制定类似的交通政策。截至 2014 年初，美国已有 610 个地区部门采用了完整街道政策。



2.2　完整街道的设计方法

2.2.1　设计要素

除基本的道路设计要素外，完整街道项目关注的设计要素主要包括针对如下多种交通方式的交通设施。

(1) 行人设施，包括人行道、人行横道、交通岛以及其他相关辅助设施，如为视力较弱、乘坐轮椅的残疾人提供声音信号的设施等；

(2) 交通减速设施，包括减速带、交通稳静化措施等；

(3) 自行车设施，包括自行车专用车道、社区园林道路、自行车停车场等；

(4) 公共交通设施，包括快速公交、交通信号优先、公共汽车候车亭等。

这些设计元素已经成功地应用于美国许多城市的完整街道建设项目中。

1. 行人

行人是完整街道首要关注的要素，通过建立“步行社区”可以方便居民进入社

区附近的商业区，一方面有助于社区附近商业经济增长，另一方面有助于构建有活力的街区。而街道作为城市内最繁忙的共享空间，不仅提供车辆通行的空间也构成了社区间行人的通行路网。设计适宜步行的街道所要考虑的要素主要有如下方面。

1）降低限速

将道路内机动车速度限制在 50 km/h 以下能显著减少行人及自行车骑行者的严重或致死事故数量。降低道路限速可用的设计元素有：减速带、路面铺装变化、指示牌等。

2）中央分隔带

中央分隔带可以为行人过街提供避险区域，减少行人与机动车的交通冲突。

3）行人过街通道标识

对于机动车驾驶人来说，行人过街通道应当清晰可见。良好的标志标线、照明、隔离设施以及路面铺装的变化能够提高行人过街通道的可视性。行人通道内的标识还可以提高行人过街时的安全意识。

4）可达性

人行道应面向所有年龄段及不同健康程度的步行出行者。路面坡度、路缘石高度不能阻碍轮椅、儿童车、行李箱等的推行。

5）路缘扩展

路缘扩展，即在交叉口处拓宽道路两侧人行道为行人提供安全避险区，并缩短行人过街的穿行距离。路缘扩展不仅能够减缓车辆行驶速度，还能借助其划分停车区域、自行车道、公交专用道等。

6）缓冲空间

缓冲空间能够分离机动车与行人。缓冲空间还能够为整合人行道设施提供机会，在这些空间内可以设置景观带、自行车停车位、自行车道、路边停车位和长凳等。

7）行人可视性

良好的行人可视性对于确保行人安全至关重要，尤其在人行横道及交叉口的地方。

8）增加过街时间

老年人与行动能力受限的行人需要更多的时间横穿街道，应该提供更多的过街时间确保他们的出行安全。

2. 自行车

自行车出行可满足多元化的出行目的，如休闲、锻炼、通勤等。如果自行车交通设施密切相连且距离一些出行目的地较近，如商场、学校、公园等，则自行车道路网络将会更具有吸引力，也将提升更多的经济与社会效益，改善民众的健康水平。设计适宜自行车出行的街道主要考虑如下要素。

1）可达性

自行车出行通常与步行或公共交通出行相结合。自行车存车架等设施应靠近人行道、公交站及商业入口，从而实现自行车系统对各类用户的可达性。

2）自行车道

自行车道为街道内的自行车提供了安全的空间，降低了自行车与机动车之间的碰撞风险。其设置形式可分为：路缘自行车道、自行车专用道、自行车独立专用道等。可通过路面色彩铺装及与机动车道间的隔离设施来提高自行车道的可视性与安全性。

3）完善的交通标识

机动车道与自行车道都应有明确的交通标识，标志标线对于小汽车驾驶人和骑行者都是有用的，这些标志标线用来告诉骑行者哪里可以安全的骑行。同时自行车道必须有良好的标志标线且能够与人行道明确区分开来。

4）连通性

连通性良好的自行车交通基础设施有助于鼓励出行者骑行出行和提供更好的自行车可达性，同时能够为城市带来收入并有助于街边的商业繁荣。公共自行车能够鼓励人们选择自行车出行并形成良好的自行车交通系统。

5）不在人行道骑行

与在路上骑行相比，在人行道内骑行更容易被汽车碰撞。根据美国自行车联合会的统计，逆向骑行和在人行道内骑行是自行车与机动车碰撞事故的两个主要因素。因此，不仅要为骑行者提供安全的骑行路径，还要避免自行车在人行道上骑行。

3. 公共交通

完整街道应为所有出行者提供可靠、高效的公共交通出行系统。一方面，公共交通出行可以减少交通事故、降低人均车辆尾气排放量；另一方面，公共交通出行可以增加出行者的体力活动，改善公众健康状况。通过建立面向所有出行者的公共交通系统，有助于增加相应街道的流动性、联系度与安全性。设计鼓励公交出行的街道要考虑如下因素。

1）公交易达性

公共交通应与其他出行方式良好接驳，并应面向所有年龄段与不同健康程度的出行者。同时，良好的公共交通系统能够带动人们更多地选择自行车与步行出行。

2）优化公交站设置

公交站台位置的选择应基于交通服务水平、安全性、便利性、停车等因素综合考虑，通常位于交叉口附近。公交站应易于分辨且不能阻碍机动车驾驶人的视线。

3）停车换乘

停车换乘（P&R）设施实现了自驾车与公共交通方式间的联系与转换。停车

换乘能够鼓励人们选择拼车或共乘出行,降低燃料使用并提供更多的停车位。

4)车站等候区

公交站台处的等候区应易于所有人到达,且等候区与邻近的行车道间应留有1.5~3.0m的缓冲空间。公交乘客量较大的车站应提供遮雨亭、座椅和公交换乘信息等服务。同时,公交站台应保持清洁、安全且维护良好。具有良好的照明以使乘客在候车时感到安全,利用视频监控也可以提升安全保障水平。此外,公交站周围也可布设街道景观设施。

5)步行可达性

为保障行人利用公共交通的出行安全,公交站点位置应直接与人行道相连。一个带遮阳设施的公交站应设置在方便人们出行的安全地带,且不能阻断人行道或街道。

6)HOV车道

共乘车道(high-occupancy vehicle,HOV)为公交车辆或共乘车辆提供了单独一条车道,这种车道可以为公交车辆提供良好的安全服务。

7)自行车可达性

为鼓励自行车通勤,公交站点附近应配备自行车存车架、停靠架等设施,并应留有足够的空间进行换乘。

4. 小汽车

传统街道的设计原则是以机动车为主导的,保证机动车交通的安全与效率是主要的设计目标。完整街道的设计宗旨是整合所有出行方式,保障采用不同方式的所有出行者的交通安全。一方面,全面综合考虑的街道设计能够减少交通事故发生;另一方面,应使驾驶者充分意识到其他出行方式是与他们共享街道空间的。作为居民主要出行方式之一,小汽车出行可能对行人、自行车骑行者与公共交通出行者造成严重危害。

1)降低车速

合理的限速对保障街道安全至关重要。研究表明,小汽车以车速65km/h撞击行人,致死率为83%;即使车速限制为56km/h,其致死率相较于低速运行也较为明显。

2)优化停车区域

停车对于商业运营、短时访客等十分重要,停车区域应保障驾驶人与乘客在上下车过程中的安全。停车区域可作为不同交通方式间的缓冲空间。良好设计的停车区域可以缓解交通流并提升交叉口处的视距。

3)道路瘦身

道路瘦身(road diet),指缩减过宽道路的可用车道数或车道宽度以最大化道路的使用效率。道路瘦身使道路更加有效,能够通行更多的机动车并使得自行车骑行者、行人和公交乘客更加安全。双向左转车道(two-way left-turn lanes)或带

有转弯车道的中央分隔带减少了车辆碰撞事故，维护车辆稳定运行。通常情况下，通过压缩机动车道获得的道路空间可以用做自行车道、公交专用道或较宽的人行道。

4）交通标识

明确的交通标识是保证道路安全的重要组成部分。必要的交通标识能够提醒驾驶人意识到附近的行人、自行车、公交车或其他障碍物。

5）隔声屏障

机动车交通流将给经过的道路周边区域带来噪声污染。一方面，降低车速能够显著减少车辆的交通噪声；另一方面，街道景观设施，如植被、墙壁等提升街道视觉美感的同时也可以阻碍噪声传播。

2.2.2　与传统设计方法的区别

完整街道整合了一些较新的规划设计理念，如可持续发展、精明增长、新城市主义，以及交通稳静化和交通需求管理等控制管理措施。完整街道是一个建设更多元化交通系统和更宜居社区的切实可行的办法。传统街道与完整街道在设计过程中的主要区别如表 2-1 所示。

表 2-1　传统街道与完整街道比较

项　　目	传 统 街 道	完 整 街 道
总体交通目标	机动性——运输工具的移动（主要是机动车出行）	可达性——人们获得期望的服务和进行活动的能力
交通规划目标	出行速度最大化	总体可达性最大化
性能指标	道路服务水平、平均速度、交通延误等	多方式服务水平、不同人群获得服务或进行活动所需的时间与费用
优先设计考虑	车辆行驶速度、流量	容纳多种交通方式
典型设计速度/(km/h)	50～80	30～40
道路网类型	道路网连接程度较低	道路网连接程度较高且包含人行道

在“完整街道”设计中，小汽车出行不是核心，大多数交通活动的最终目标是“可达性——人们获得期望的服务和进行活动的能力”。可达性的影响因素众多，如运输质量的选择、道路网络的连接程度、交通活动的地理分布等。

传统街道设计模式主要依据车辆行驶速度作为评价标准，因而致力于建设拥有更高设计车速的道路。完整街道设计模式充分认识到在一个有效和公平的交通系统中行人、自行车和公共交通工具的重要性，支持多种交通方式规划，如表 2-2 所示。

表 2-2　传统街道与完整街道设计中考虑要素的顺序比较

传统街道设计	完整街道设计
1. 私人小汽车； 2. 货车/服务车辆； 3. 机动车停车； 4. 公共汽车； 5. 自行车； 6. 行人	1. 行人； 2. 自行车； 3. 公共汽车； 4. 货车/服务车辆； 5. 私人小汽车； 6. 机动车停车

传统街道设计的目标通常由机动车需求量和目标服务水平决定，在开展区域或社区交通规划之前须先确定这两个重要的设计元素。如果不能确定这两个设计元素，将严重影响后续设计过程，并可能导致街道不符合其周围环境或不能满足社区通行和道路使用者的出行要求。

在完整街道设计中，进行初始交通规划时要重视在建立设计准则前明确关键因素与问题。例如明确道路功能分类、出行需求预测与服务水平，这些都是设计过程中需要考虑的因素，并且在许多情况下要优先考虑。

通过城市规划、交通管理、环境保护等的跨学科合作，完整街道设计旨在明确一系列核心问题，使所有项目参与者在道路设计问题上达成共识，设计出满足所有出行者出行需求的完整街道。这个过程会确定机动车服务水平需求，但它不是控制因子，需要与其他出行方式保持平衡，如行人、自行车和公共汽车。环境、文物保护、美学价值提升和经济发展目标对社区同样重要，并且是评价街道设计的额外指标。这种设计方式将会产生一个完善、合理的计划，也是建设完整街道的基本依据。



2.3　芝加哥完整街道设计方法

近 5 年来，美国众多的州、城市结合自身特点发布了相应的完整街道设计手册，在此选择芝加哥的设计方法进行介绍。2013 年，芝加哥 DOT 发布《芝加哥完整街道》(*Complete Streets Chicago*)，其基于 2006 年颁布的芝加哥完整街道政策，并给出了芝加哥完整街道项目的实施步骤、标准和预期效果等。该文件指出，芝加哥的交通运输规划应满足所有类型道路使用者的出行需求。其中，“所有道路使用者”包含行人、骑行者、公共交通出行者、私家车出行者等，并且涵盖了所有年龄范围和不同的健康程度。

2.3.1　完整街道设计决策树

依据自上而下的选择，决策树为完整街道项目提供了灵活的指导，其目的是提供一种简单而有效的方式，使其能够在给定的各种范围条件下衡量道路设计选择。

完整街道保障道路上所有出行者的公共通行权，满足出行需求和安全要求。完整街道为所有出行者提供一个公平的道路交通系统，其设计决策树中的对象大体分为四类，即行人(P)、公共交通(T)、自行车(B)和私人汽车(A)。芝加哥的完整街道设计决策树将行人交通列于首位，公共交通次之，自行车处在第三位，私人汽车最后。

不同的土地利用形态决定了交通发生量和吸引量以及交通分布形态，在一定程度上决定了交通结构。芝加哥完整街道根据其所处的设计规划区域划分为七种建造形式，如表 2-3 所示。

表 2-3　街道建造形式

街区类别	特　　点	典型建筑
住宅(R)	低密度住宅区	1～3 层高，前院邻接人行道
混合型(M)	为社区服务或商业用途，住宅或办公楼在其上层	2 层或以上，建筑邻接人行道
商业中心(C)	大面积的商业用途	地面停车场
市中心(D)	混合型，住宅与办公楼集中	建筑密集、层数多，人行道较宽，建筑邻接人行道
机构或校园(IC)	占地规模较大(2 亩以上)，统一管理	建筑朝向大多向内，非面向街道
工厂(IN)	制造、批发等工业区，需要卡车停靠	1～4 层高，建筑邻接人行道，但入口远离街道
公园(P)	开放空间，如公园、树木保护区	各有差异

芝加哥 DOT 在完整街道规划设计中，划分出了 6 种道路形式：步行街(pedestrian way)、服务道路(service way)、社区街道(neighborhood street)、主要街道(main street)、连接道路(connector)、干道(thoroughfare)。

芝加哥 DOT 在“混合型”建造模式下的决策树如图 2-1 所示，并列出了 6 种道路形式的设计道路宽度、目标速度、日交通量与横断面示意图。

2.3.2　完整街道横断面元素

芝加哥 DOT 在完整街道项目的设计与实施过程中，将道路横断面分为四部分——行人区域、间隙区、车辆区和中央分隔带，如图 2-2 所示。

上述街道横断面的四部分之间并没有严格的界限，这种划分只是为便于理解道路的组成与结构。行人区域通常位于人行道上，还包括人行道内的基础设施、树木、门廊等。自行车、私人小汽车、公共交通等出行方式在车辆区内通行。行人区域与车辆区域的间隙区包含路缘石、排水沟、专用的自行车设施、停车区域、公交站等设计元素。

在完整街道项目设计过程中，要考虑到设计准则带来的生态影响和空间构建方面的影响。生态方面的影响多存在于行人区域、间隙区、中央分隔带等处，且不

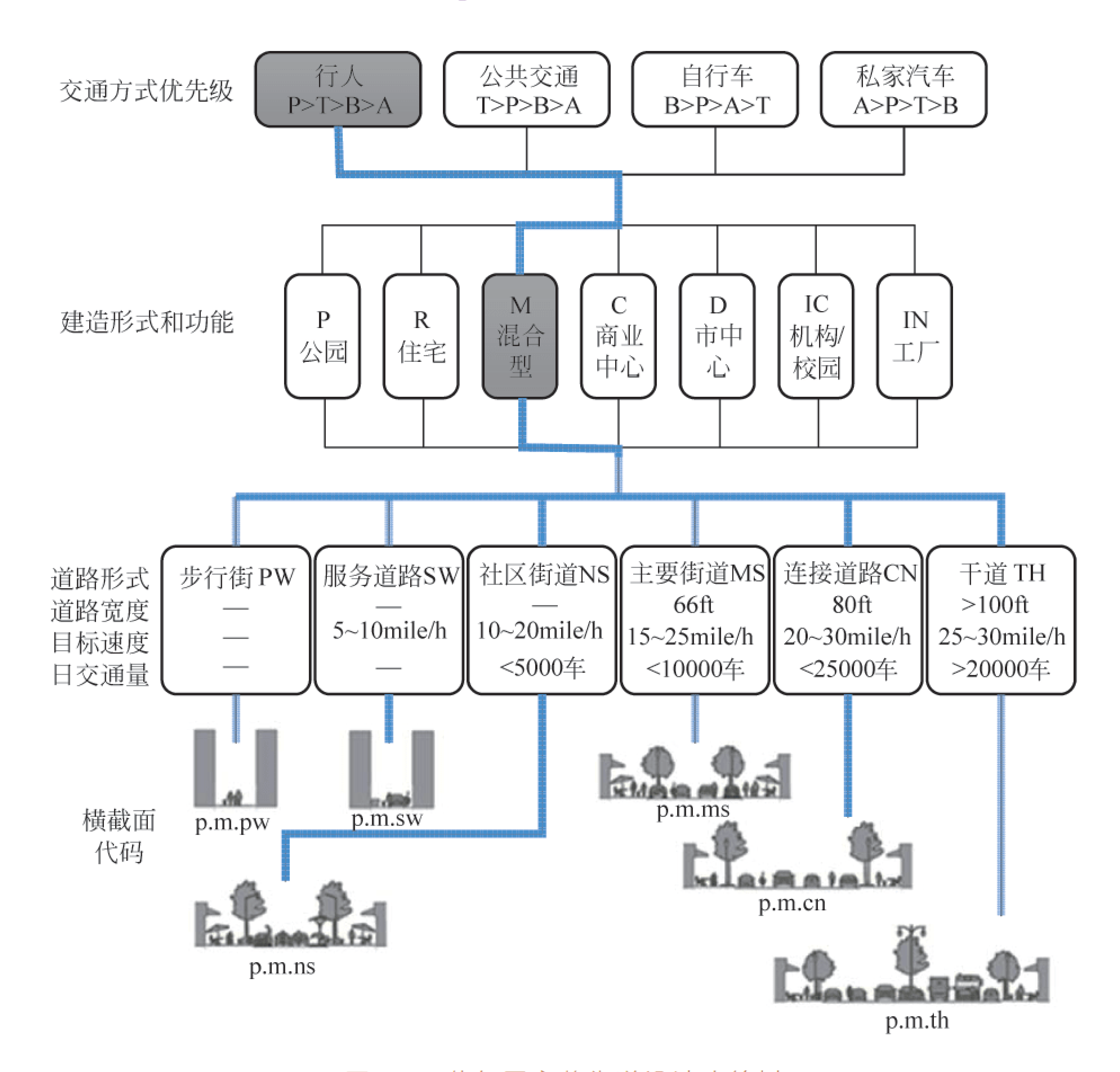


图 2-1　芝加哥完整街道设计决策树

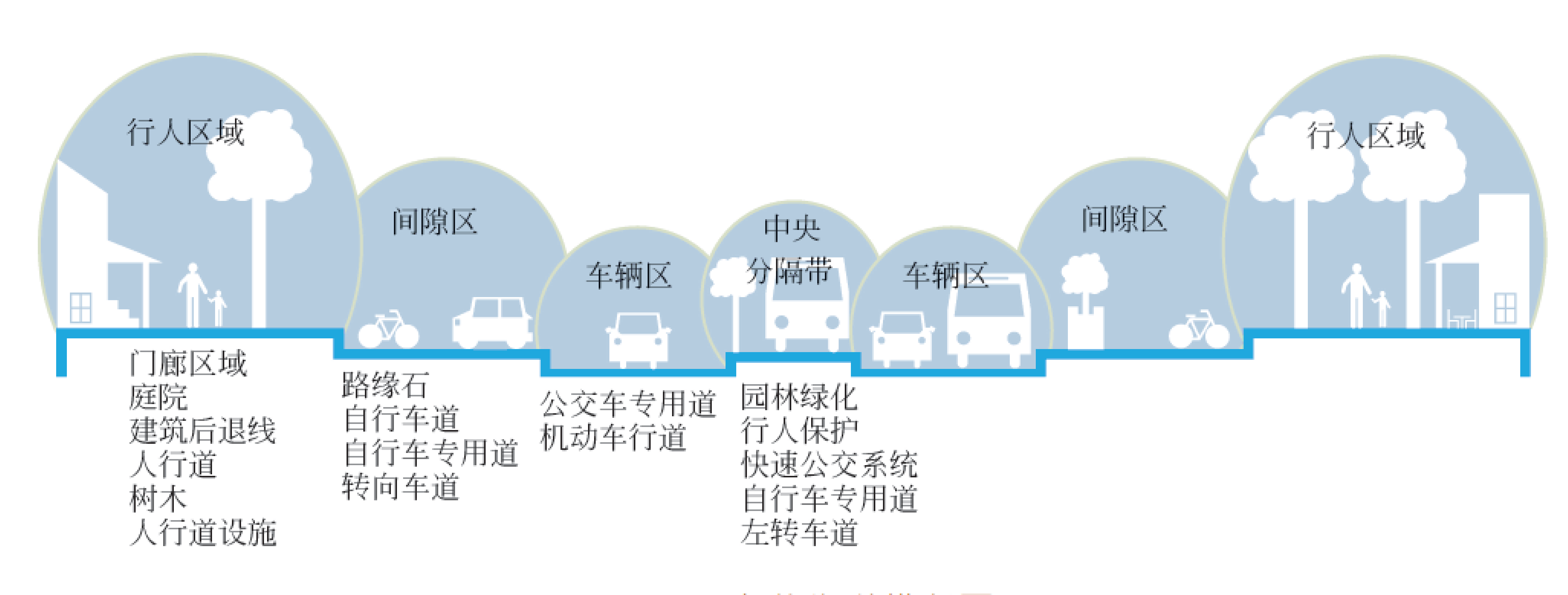


图 2-2　完整街道横断面

仅局限于地表面，亦存在于道路空间的上下方。因此，把握好生态环境与空间，可以最大化环境舒适程度与经济发展，提升城市文明程度与美学价值。

1. 行人区域

行人区域通常指人行道，它分为三部分：临街区域、步行区域和人行道设施区

域，包含门廊区域、庭院、建筑后退线、人行道、树木、人行道设施等，如图 2-3 所示。

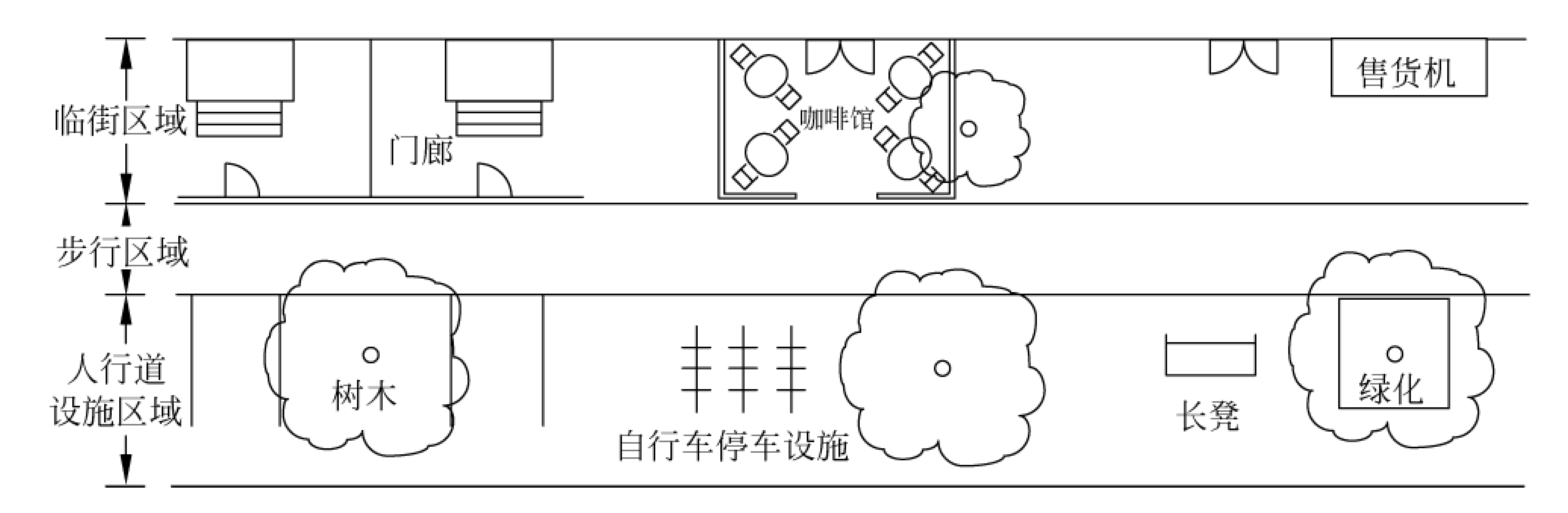


图 2-3　行人区域三部分空间位置安排

临街区域位于人行道与建筑物（或围墙、院子之间）；可包含门廊、露天咖啡馆、园林绿化、长凳、自行车停车位等。

步行区域是为步行提供的专用区域。步行区域必须设计合理，且符合当地残疾人法案要求，无障碍物，尽可能平直、连续，为预期的行人交通量提供足够的出行空间，同时避免出现道路过宽或过窄的现象。

人行道设施区域位于路缘石与步行区域之间，包含行道树、公交候车亭、电线杆、灯柱等，一定程度上用于分离人行道上的步行者与道路车辆。

2. 间隙区

间隙区位于人行道与车行道之间，包含多种元素，设计可以多样化。间隙区包含路缘石、自行车道、路内停车、右转车道等。

路缘石可以防止积水及车辆影响行人行走，其作用十分必要。路缘石可作为雨水花园内的一部分进行设计，可与道路水平面相平，如图 2-4 所示。

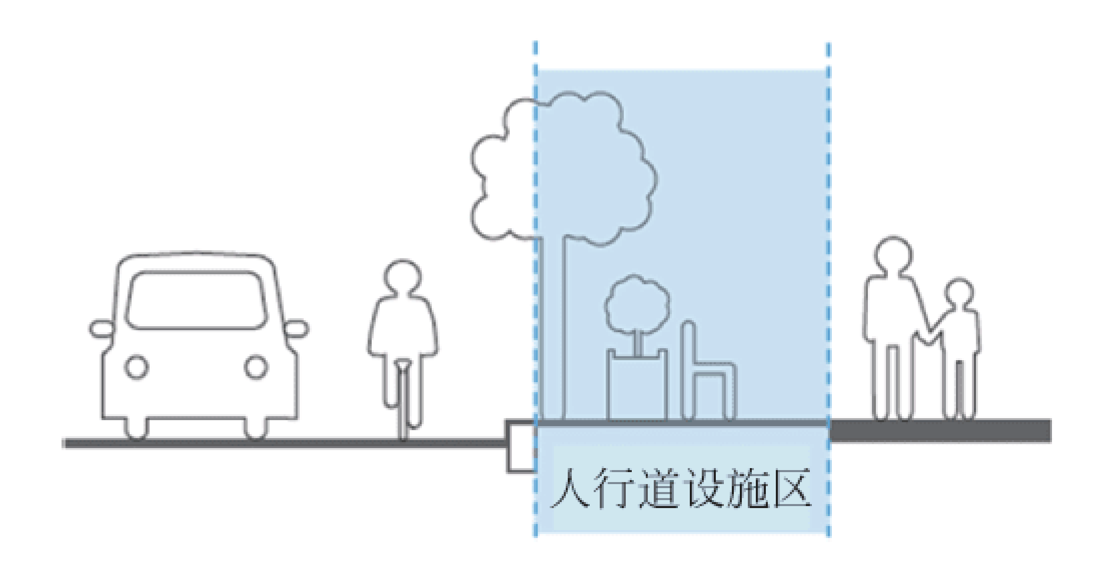


图 2-4　路缘石示意图

由于自行车出行既可以如行人般行走——推行自行车，也可以如机动车般行驶——骑行，因此自行车道及其相关设施的设计有一定难度。合理的自行车道可以将自行车出行者与机动车和行人分离，为自行车出行者提供方便、舒适的服务，如带有标识的共用车道、专用的自行车道等。

路内停车不会使街道更“完整”，在完整街道规划与设计中，路内停车设计有利有弊。一方面路内停车便于店面零售、降低交通流速、保障交通安全；另一方面每

个停车位都具有土地价值，停车位可变更用于设置公交候车亭、自行车停车位。自行车道与路内停车相对位置有如图 2-5 所示三种常见形式。

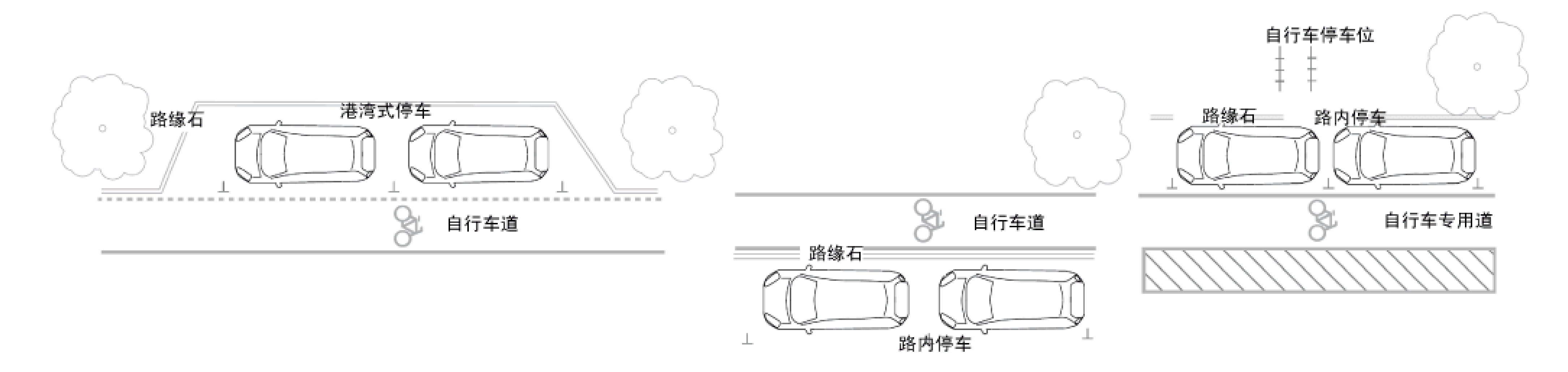


图 2-5　自行车道与路内停车相对位置示意图

此外，毗邻停车车道的右转车道位于间隙区内，如转向车道与人行道间的缓冲区只有路缘石，则情况较为危险。

3. 车辆区

车辆区主要为公共汽车、私人小汽车、卡车提供服务。在宽度较窄的街道上，车辆区亦服务于自行车出行。

公交车专用道是为公共汽车设计的专用车道，公交车专用道有许多设计形式，如高峰专用道、公交专线等。公交车专用道应由部分机动车道分划而来，避免拓宽道路、占用停车位。如公交车速较低且自行车流量较低，则可允许自行车共享公交车专用道，但需要设置特殊的公交停靠站以避免交通事故的发生。

车辆区内的行车道为私人小汽车、公共交通和自行车提供服务，车行道数应保持合理条件下的最小值。

4. 中央分隔带

中央分隔带位于道路的中线位置，为行人过街提供保护，包括园林绿化、行人保护、快速公交系统、专用的自行车道、左转车道等。

中央分隔带中的园林绿化包括增加雨水存储、促进二氧化碳吸收、降低交通噪声；行人保护包括保障行人横穿道路的安全和方便；快速公交系统常位于中央岛，也可设置于道路其他位置；专用的自行车道可以与快速公交系统相配合；左转车道可位于中央岛，但不能因此减少行人过街设施，如图 2-6 所示。

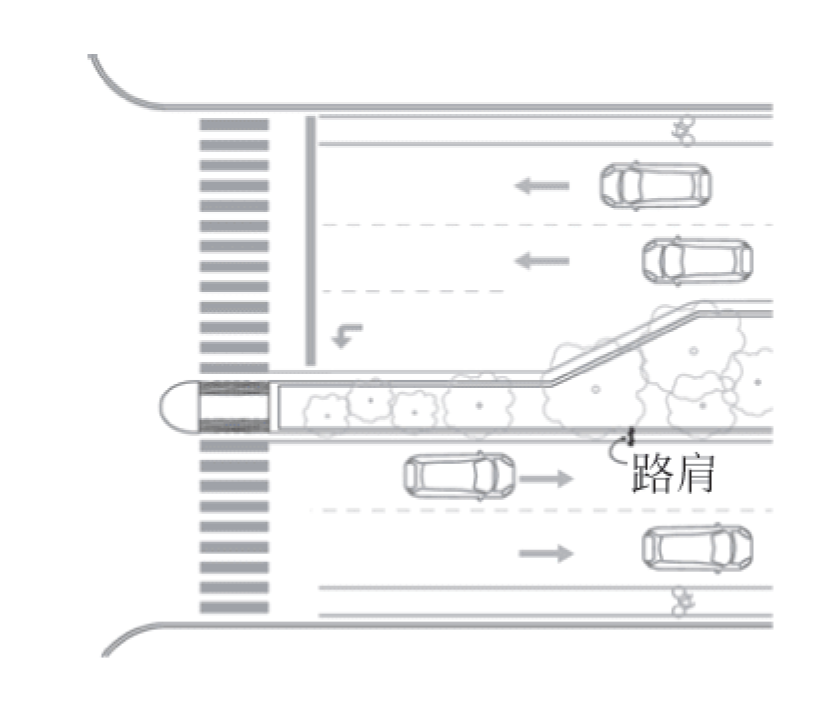


图 2-6　在人行横道的中央岛，设置转向车道的解决方案

2.3.3　交叉口和过街设计

交叉口设计是完整街道项目的基本组成部分，也是街道设计的难点所在。

1. 布局

1）交叉口应尽可能简洁，减少冲突

图 2-7 中，复杂交叉口存在多条支路、多个交通岛，拐角较大、转向车道较多。交叉口设计应尽可能简洁，便于行人和自行车出行，也便于机动车保持最低车速通过减速设施。其总的设计原则是使所有使用者谨慎地接近交叉口，相互避让。

如果交叉口无法简洁设计，需要利用交通岛和其他交通控制设施分离交通流，其目的是为各种交通方式提供通行空间并减少交通冲突。

一些复杂的交叉口可转换为一系列简单交叉口的组合。如将 X 形交叉转换为两个 T 形交叉或 Y 形交叉，如图 2-8 所示，可降低车辆转弯速度、增加可视范围、减少人行横道长度。

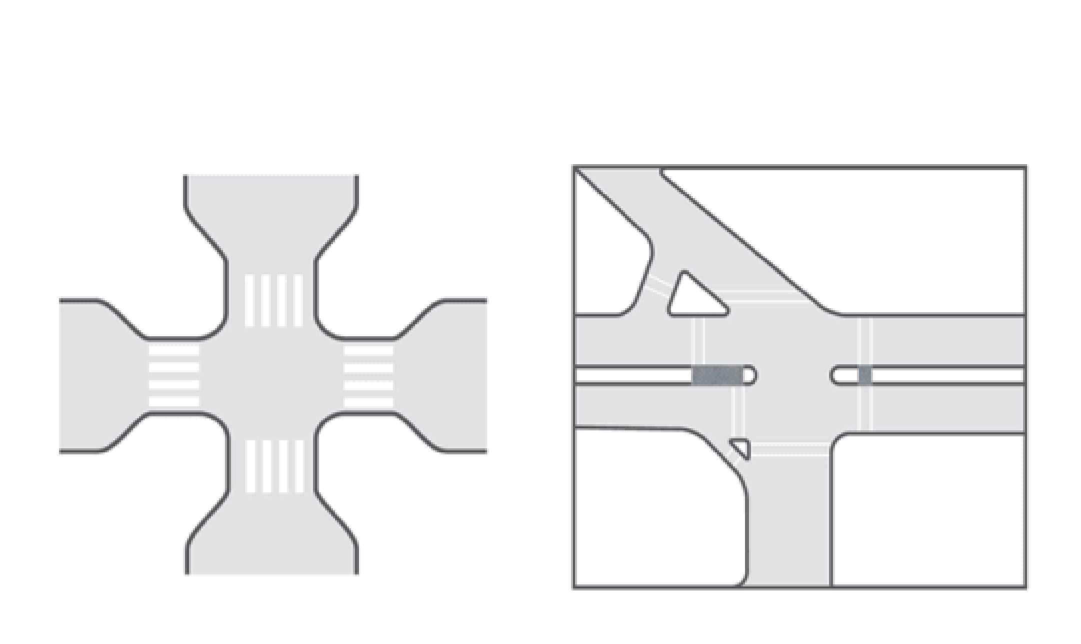


图 2-7　简单与复杂的交叉口

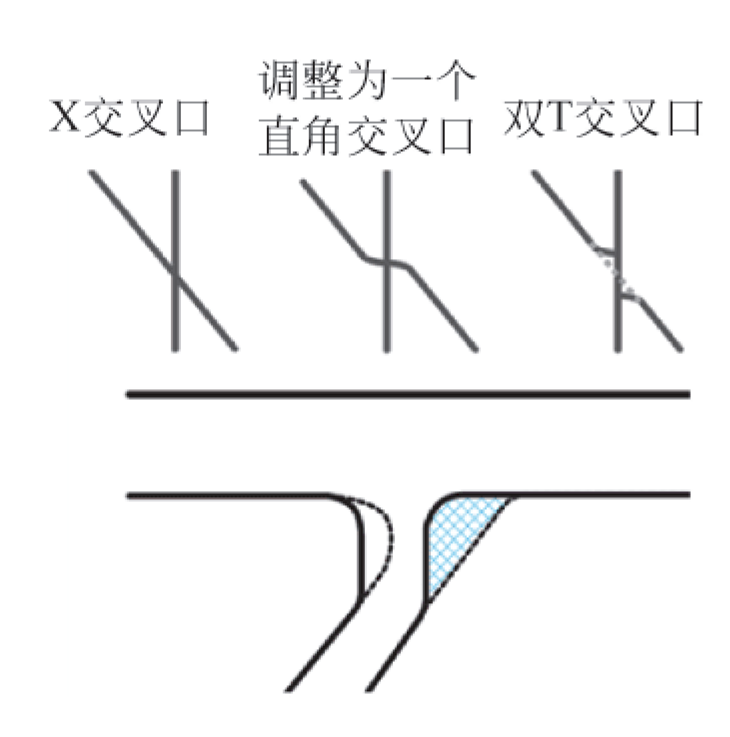


图 2-8　X 交叉口的转换

2）连通性

复杂的交叉口导致道路连通性降低。如图 2-9 所示，中心处存在大量右转车流，如果驾驶人在中心交叉口之前或之后转弯，要考虑是否能达到目的地。

3）过多路面

在每个交叉口都可以减少过多的路面以缩短通过交叉口的距离，增加生态功能。包含绿色基础设施元素的路缘石的扩展可结合路内停车规划设计；转向车道对面可设置中央岛，如图 2-10 所示。

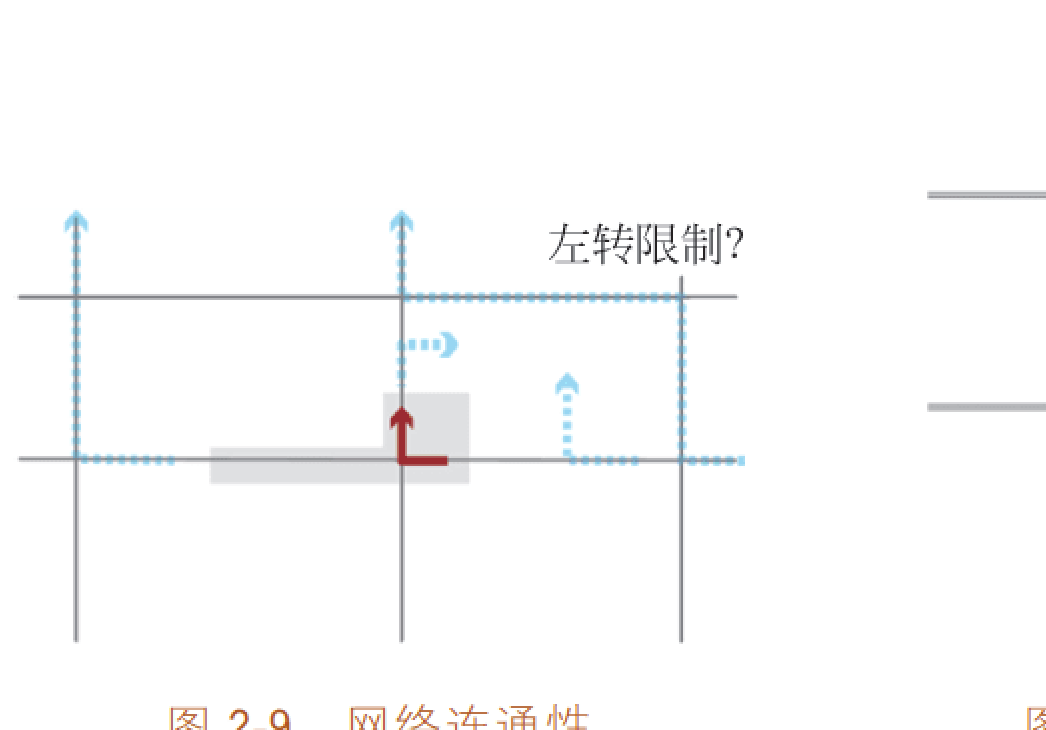


图 2-9　网络连通性

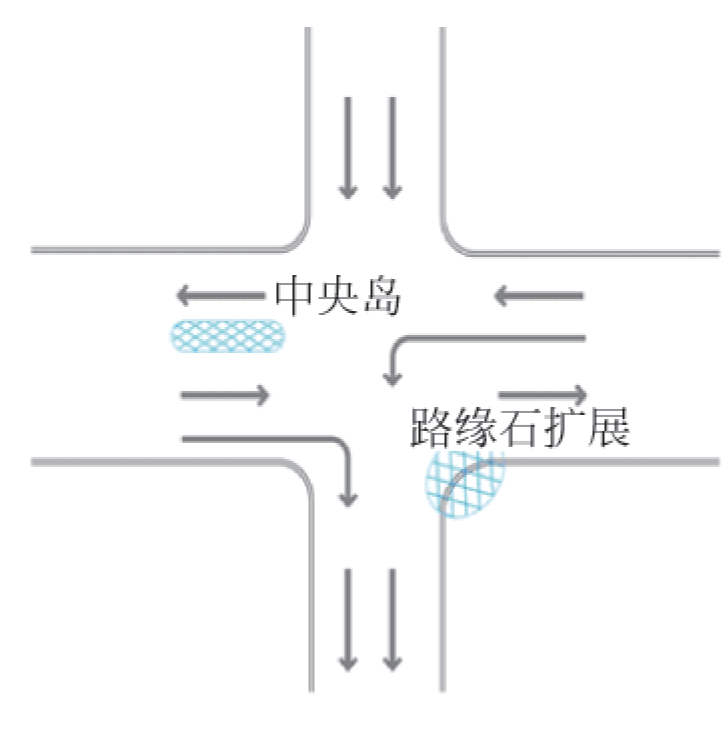


图 2-10　减少过多路面

2. 转角空间

转角空间设计是完整街道设计的关键，包括转弯半径、转角半径、冲突点、行人等候空间、视线等。

载客车辆转弯速度应保持在15mile/h(约24km/h)以下，可以通过限定较小转角半径的有效转弯半径、设置路缘石扩展和中央岛完成。表2-4显示了转弯半径与速度之间的关系。计算转弯半径的公式为

$$R = V^2/15(0.01E + F)$$

式中：R——中心线的转弯半径，ft；

E——道路超高；

V——速度，mile/h；

F——侧面摩擦系数。

表2-4　转弯半径与速度的关系

V/(mile/h)	E	F	R/ft
10	0	0.38	18
15	0	0.32	47
20	0	0.27	99

转角半径通常不是有效的转弯半径。转角设计需要更长的连接道和减速车道，在进入交叉口以前降低主路驶入街道的速度，改善人行横道及其位置，提高行人从两侧进入的可见度，如图2-11所示。

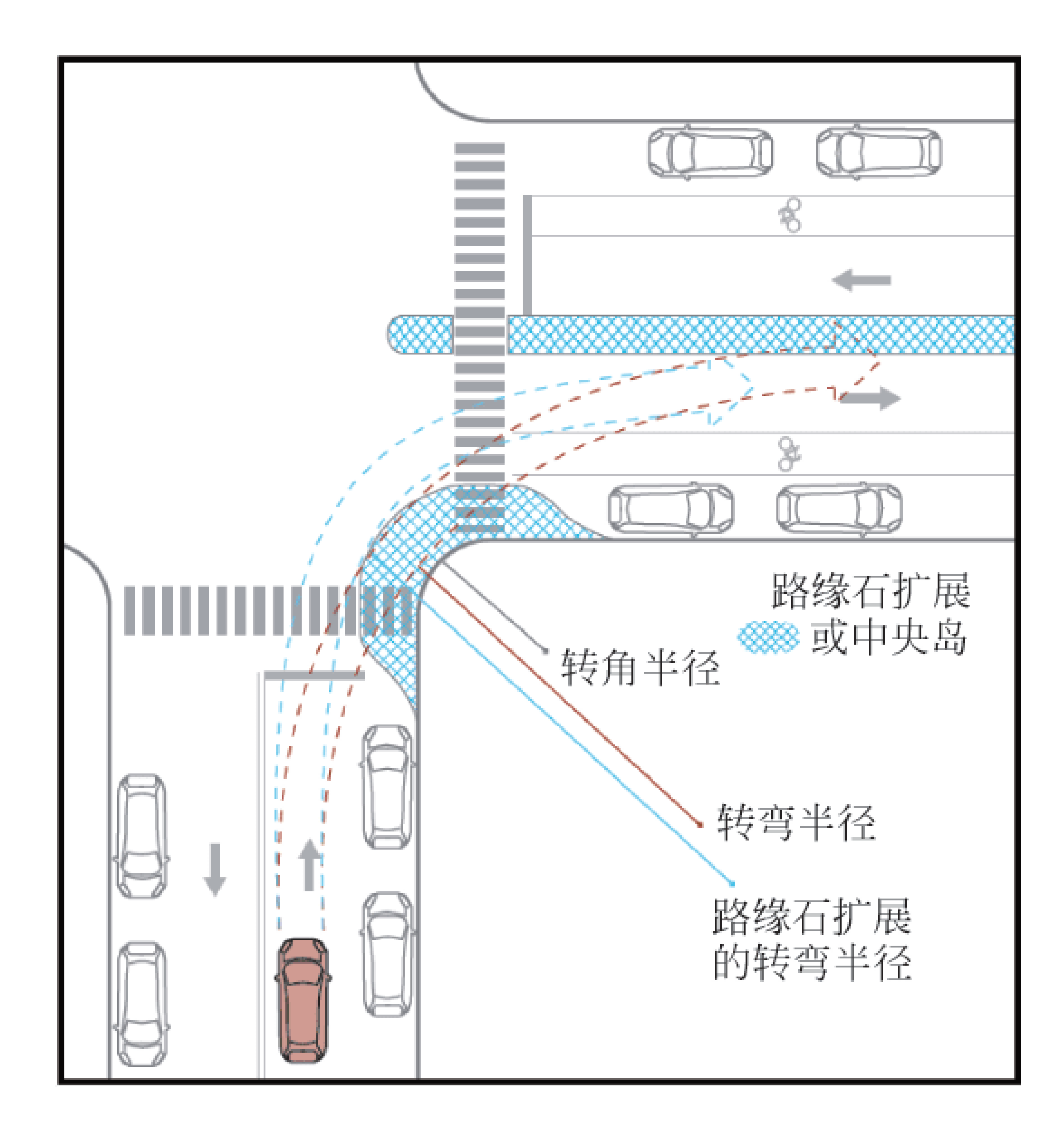


图2-11　转角空间设计示意图

3. 行人过街设计

行人可以在不同位置穿过街道，如两条道路的交叉口、道路的中间段。行人过街的位置与设计实施分为三个步骤：①确定步行网络；②进行交叉口的改造处理，确定行人过街相关设施（信号灯、安全岛、人行横道）；③设计人行横道及其相关设施，如图 2-12 所示。

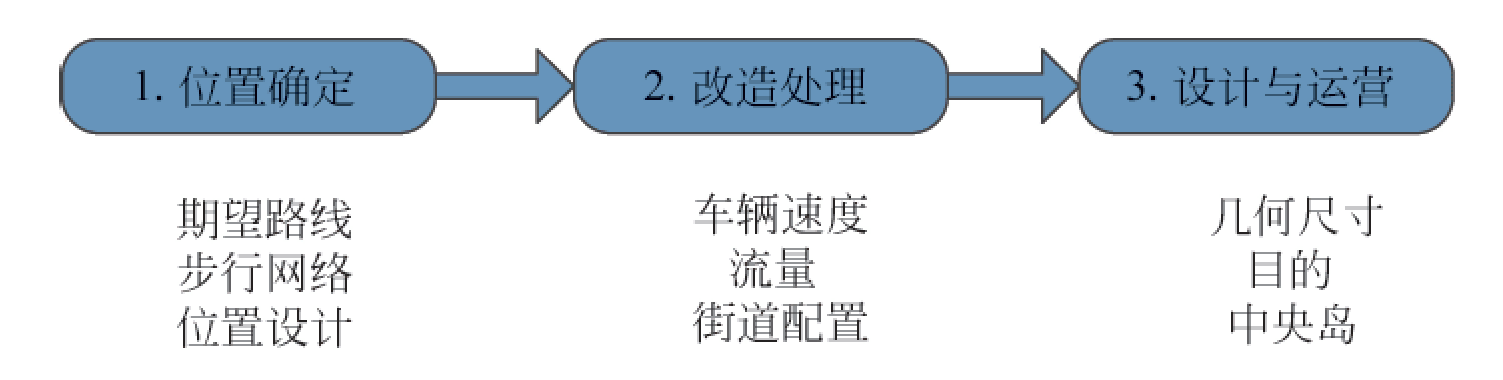


图 2-12　行人过街设施的选择

在行人过街设施位置选择设计中，应考虑满足两项简单的原则：它应该位于行人期望过街处，司机能合理预测出行人过街处。

（1）通常，人们以尽可能最方便、最有效，并在直接到达目的地的地方过街，这就是所谓的期望路线；

（2）根据步行网络而非驾驶网络确定过街位置；

（3）穿越距离无硬性规定；

（4）建筑、门、栅栏等对十字交叉口行人过街设施的位置影响很大。

行人过街位置确定后，人行横道设计的改造处理就可以确定。这些改造主要基于车速、流量和道路基础设施综合决定。

（1）通常，人们选择在车速低、流量小、宽度小的街道穿行；

（2）安全岛、路缘石扩展、增加照明可以改善穿行环境；

（3）多车道、高速、交通量大的道路需要更完善的措施。

在行人过街设施的设计与运营过程中，设计师应该在双向道路和其他转向道路寻求更多机会设置中央岛或安全岛，帮助行人过街。

（1）行人安全岛首选宽度为 8～10ft（2.44～3.05m），基于自行车长度或一个人推着婴儿车，最低保护宽度是 6ft（1.83m）；

（2）中央岛和安全岛应该包括路缘石、护柱或其他为处在等待空当的人们提供保护的设施；

（3）垂直元素如树木、绿化和招牌标识不能遮挡行人视线；

（4）道路宽度应该等于人行横道长度。

4. 车行道设计

车行道设计基本原则是服务人行道，驾驶人驶入驶出车行道须避让行人。减少车行道数量也将减少道路上的潜在冲突。要求保持车道宽度和拐角半径尽可能小；车道与街道夹角 90°；视距受限情况下，提供停车、减速标志。

2.3.4 完整街道推荐设计标准

“完整街道”的设计目标是为城市内全体居民服务，其设计准则并不适用于限制出入的高速路、快速路等。“完整街道”准则指导设计下的基本道路主要是街区短、车速低、道路狭窄的街道，包含独立的人行道、自行车道等，如表 2-5 所示。

1. 地方街道（local streets）

设计的主要标准：

（1）依据预期的交通量，地方街道的最大宽度为 9.14～9.75m（30～32ft），包括 2 条 7ft 的停车车道与 2 条 8～9ft 的车行道；

（2）地方街道设计需要设置景观带，以分隔路缘石与人行道；

（3）低容积住宅街道最大街区长度为 182.88m（600ft），高容积住宅街道最大街区长度为 243.84m（800ft）；

（4）需要路缘石宽度 0.15m（6in）。

2. 辅助道路（collector streets）

设计的主要标准：

（1）大多数新建的辅助道路需设置景观带，以分隔路缘石与人行道；

（2）辅助道路最大街区长度为 304.8m（1000ft）；

（3）为便于缩短行人过街距离、降低车辆通过交叉口速度，建议设置路内停车；

（4）设计住宅街道的交叉口和总流量超过 1000 辆/日或无交通控制畅行距离超过 182.88m（600ft）的辅助道路时，需考虑设计环形交叉口；

（5）所有辅助道路内都应设置自行车道。

3. 主干道（arterial streets）

设计的主要标准：

（1）为便于缩短行人过街距离、降低车辆通过交叉口的速度，可在交叉口设置路缘石扩展；

（2）最大街区长度为 402.33m（1320ft），如自行车道和人行道缩短了非机动车出行者的有效街区长度，则街区长度可增加；

（3）应设置带有转向标识的凸形中央分隔带；

（4）所有主干道内都应设置自行车道。

结合道路的不同功能分类与土地用途，又可将道路分为以下五类：

（1）商业区街道（commercial streets）：以机动车通行为主要考虑因素，设计目标是通过分离的人行道和标识的人行横道、自行车道和中央隔离带保证各种交通活动畅通有序；

表 2-5　道路设计标准

项　　目	低流量住宅区	中等流量住宅区	非住宅区	装载区前置住宅区	装载区后置住宅区（无车道）	非住宅区	次干道	主干道
日均交通量(ADT)	0～750	750～1500	＜5000	1500～5000	1500～5000	＜13000	＜20000	＜30000
道路属性								
双向车道数	2	2	2	2	2	2	4	6
道路宽度（两侧路缘石间距）/m	9.14	9.75	10.36～10.97	12.50～13.11	8.23～9.14	16.76～17.68	19.51～21.64	26.52～29.26
路内停车(有,无)	有	有	有	有	无	有	无	无
停车道宽度/m	2.13	2.13	2.13	2.13	—	2.44	—	—
车行道宽度/m	2.44	2.74	3.05～3.35	3.05	3.05	3.35	3.35～4.27	3.35～4.27
左转车道宽度/m	—	—	—	—	—	3.05	3.05～3.66	3.05～3.66
中央隔离带(有,无)	无	无	无	无	无	无	有	有
街区长度最大值/m	182.88	243.84	243.84	304.80	304.80	304.80	396.24	396.24
最小人行道宽度/m	1.52(附属) 1.37(分离)	1.52(附属) 1.37(分离)	1.52(附属) 1.37(分离)	1.83～2.44	1.83～2.44	1.83～2.44	1.83～2.44	1.83～2.44
自行车道(有,无)	无	无	无	有	有	有	有	有
公共交通设施	无	无	可能有	可能有	可能有	公交站	公交站	大型公交站
景观带(有,无)	有	有	可选择	有	有	有	有	有
最小景观带宽度/m	1.83	1.83	1.83	2.44	4.57 包含人行道	4.57 包含人行道	4.57 包含人行道	4.57 包含人行道

(2) 混合用途道路(mixed use streets):车辆行驶速度低,有较宽的人行道和停车带;

(3) 主街道(main streets):设计目标是避让行人;

(4) 住宅区街道(residential streets):设计目标是让居住其中的住户感到舒适,使驾驶人驶过住宅区降低车速又不会造成延误;

(5) 工业区街道(industrial streets):需要更宽的车行道以通过大型货车。

手册中推荐的某类主要街道的断面形式如图 2-13 所示。

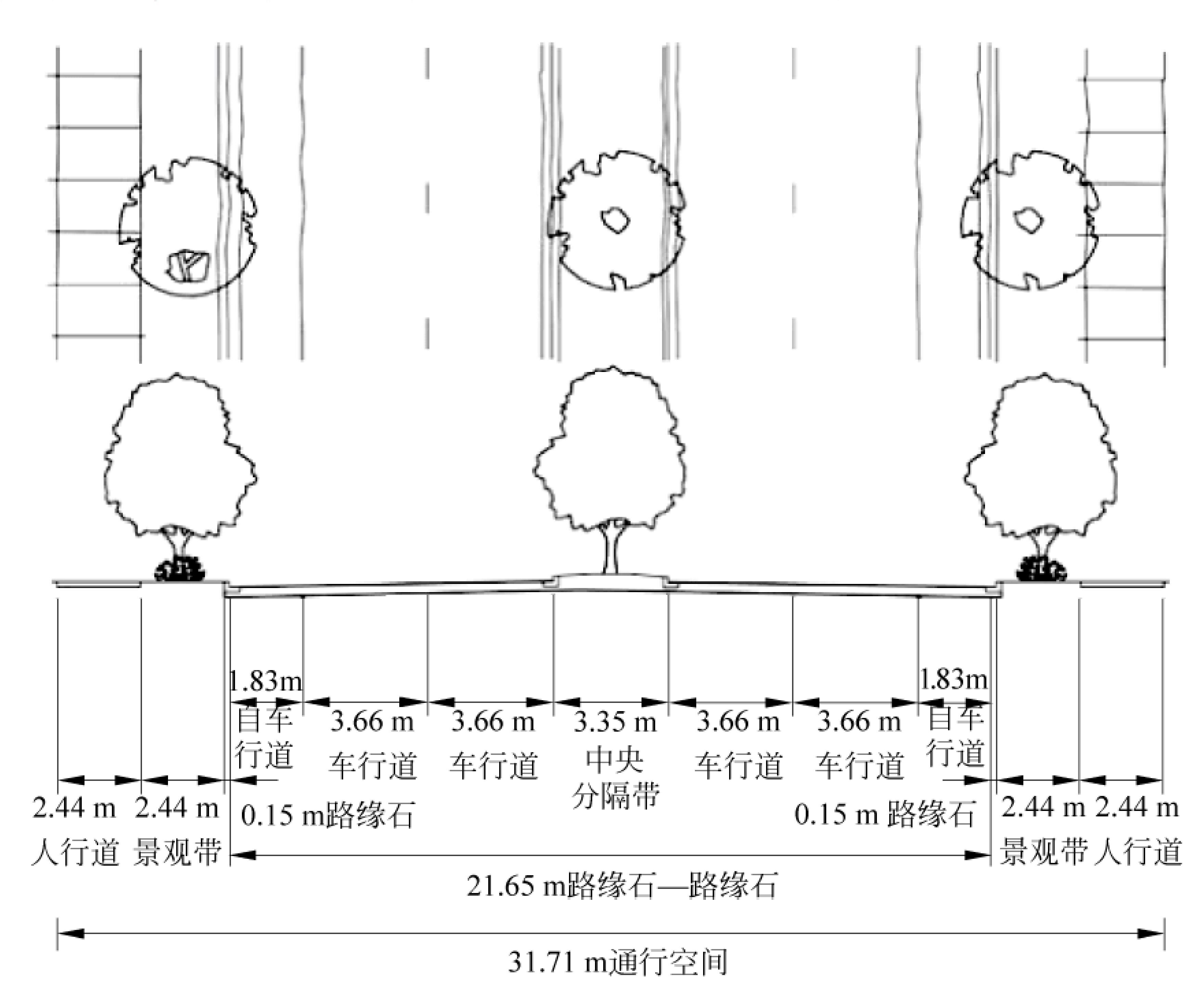


图 2-13　某类主要街道断面类型



2.4　完整街道的实施效果

通过满足所有道路使用者的出行需求,完整街道政策能够为整个社区带来诸多益处。完整街道的建设目标就是提高交通安全,降低交通成本,为出行者提供多种交通方式,鼓励采用步行和自行车等绿色健康的出行方式,刺激当地经济发展,增进社会交流。完整街道带来的变化不仅仅存在于道路的物理层面,更是通过对人们出行方式的影响来完善道路系统、提升社区价值、实现人与环境的和谐。

2.4.1　改善道路安全水平

安全是交通出行的永恒话题,也是完整街道政策首先考虑的问题。伴随着汽

车时代的发展，交通事故逐渐成为城乡居民尤其是未成年人健康成长的一大威胁。完整街道在交通运输规划与设计中要求满足所有道路使用者的出行需求。“所有道路使用者”包含了行人、骑行者、公共交通出行者、私家车出行者等，并且涵盖了所有年龄范围和不同的残疾程度。

完整街道的建设会降低交通流的最大速度，通常从 50～80km/h 降低至 30～40km/h，从而降低了交通事故率和事故严重程度，特别是降低了行人和自行车出行者的事故率。美国联邦公路管理局通过安全审计发现，在进行街道设计过程中考虑添加人行道，增设交通岛，改善公共汽车交通停靠位置，提供更好的照明，设置交通减速措施，以及为残疾人出行者提供专门的服务设施，均可提高行人出行及自行车和机动车行驶的安全性。例如，添加人行道相比未添加人行道，行人伤亡事故率减少 88％；设置混合信号灯相比未设置混合信号灯，行人伤亡事故率减少 69％；增设交通岛相比未增设交通岛，行人伤亡事故率减少 39％。

2.4.2　改善公众健康

完整街道设计包含大量的人行道、自行车道和人行横道。相关研究表明，完整街道政策可以促进步行和自行车出行，使人们形成健康、积极的生活方式，从而改善自身健康状况。调查发现，步行、自行车出行增加 15％，心脏疾病的患病概率将减少 14％，阿尔茨海默病和抑郁症的患病概率将减少 6％～7％，乳腺癌和结肠癌的患病概率将减少 5％。此外，美国疾病控制和预防中心还建议将实施完整街道政策作为一种防止肥胖的措施。美国国家医学院也建议通过改变法令，鼓励设置人行道、自行车道和其他健身活动场所来对抗儿童肥胖。

2.4.3　促进社区发展

完整街道政策通过加强居民住宅、学校、公园、公共交通枢纽等的连接，为社区提供更多的交通选择，并通过改善步行环境、可达性和社区美学价值，降低环境污染，提升社区宜居性，可使社区变得更加安全，更有吸引力。此外，完整街道政策可促使当地经济繁荣和土地价值增值。2007 年纽约市部分地区进行了完整街道规划，曼哈顿第九大道的零售额增长近 50％，联合广场商业空缺下降近 50％。完整街道项目可比传统道路项目创造更多的就业机会。由 2009 年美国复苏和再投资法案通过的完整街道项目创造了比道路维修和新建项目更多的就业岗位。在每 10 亿美元投资下，完整街道建设项目所需的工作时间比高速公路建设项目所需的工作时间增加近 1 倍，从而提供了更多的就业岗位。

2.4.4　减少环境污染

完整街道政策对环境有积极的影响。通过为人们提供安全的步行和自行车交通方式，可使更多人放弃私人小汽车出行，从而减少能源消耗、尾气排放及噪声污

染。2009年美国家庭出行调查发现，大都市中39%的出行里程是3mile（约4.8km）或更少，17%的出行里程是1mile（约1.6km）或更少。通过多方引导，其中的大多数出行可以很容易地转变为步行或自行车交通方式。

2.4.5 效益成本

表2-6总结了完整街道建设的收益和成本分析，一些源自道路设计的变化，另一些则源自出行活动和土地开发模式的变化。

表2-6 完整街道的收益和成本评价

项目	改善交通方式	增加可选择的交通方式	减少机动车出行	精明增长的发展
可能的收益	提高出行者的方便性和舒适性； 改善可达性，特别是对于非机动车出行者； 提升各种交通方式价值	提高出行者满意度； 改善公共健康和卫生条件； 增加社区凝聚力	减少拥堵； 减少交通事故； 节约能源； 减少空气污染和噪声污染	改善土地使用和可达性； 节约运输成本； 改善基础设施； 提升社区美学； 城市再开发
可能的成本	规划和实施成本； 降低行驶车速	额外的用户成本（自行车、车票等）	交通方式转变； 降低行驶车速； 降低停车的便利性	增加开发成本； 交易费用

完整街道政策不仅降低了能源消耗，减少温室气体排放和空气污染，还最大限度地促进了雨水渗透和再利用，把街道排走的水作为一种资源回收利用，用于滋养树木和土壤。完整街道将道路网络这一交通系统转变为一个具有地方文化特色的生态系统，保障了人与自然的和谐。



2.5 小结

20世纪初，随着社会经济的发展和小汽车的出现，发达国家城市的机动化水平不断提高，“速度”成为城市街道改造与更新的主要因素，街道的主要功能逐渐演变成为城市机动车交通出行服务。这不仅逐渐破坏了城市街道生活的多样性和丰富性，还最终导致了城市郊区化和街道荒漠化的出现。近年来随着社会的不断进步和发展，交通领域的人士已经深刻认识到道路的存在不仅是为了帮助人们到达目的地，更不仅仅是为了让机动车辆顺畅地通过，由此“完整街道”的概念不断得到发展并趋于成熟。在完整街道的规划与设计中，机动车交通只是街道的一部分功能，甚至对众多街道而言不能成为主要功能。完整街道的理念向过去的以机动化为核心的街道设计理念发出挑战，它通过完善道路的相关设施，改善了街道的结构与功能，为所有出行者提供了公平的交通系统。

近 20 年来，中国的机动化水平持续高速发展，大中城市的机动车交通拥堵范围不断扩大，拥堵时间不断增长，众多路段的机动车交通需求超过了交通设施的供给能力，由此导致当前中国道路系统的设计与建设中，对于新建道路，机动车路面所占比例不断增加；对于既有道路，不断出现占用非机动车道乃至人行道提供机动车行车和停车空间的现象，使中国城市道路的功能逐渐单一化为机动车出行服务。

“完整街道”的概念对于中国当前的发展具有借鉴价值。虽然中美两国在城市结构、路网密度、土地开发强度等方面有所差异，但是在街道的功能界定上还是具有统一性的，即街道不应当仅仅为机动车出行服务，而应当能够为所有的出行者服务并具有休憩、交流、驻足等诸多功能。因此，在中国城市快速发展过程中，应当抓住新城建设、道路修建、道路改扩建等机会，重新审视街道的定位和功能，充分考虑所有出行者的出行需求，参考“完整街道”的设计理念，不断完善当前城市街道规划、设计的理念和方法，促进中国“完整街道”建设。通过完整功能的街道的建设，使每个道路使用者都同等地享有道路的使用权，从而有效倡导步行和自行车出行，促进低碳交通的建设。

具体而言，未来中国城市街道的发展可以借鉴“完整街道”的发展目标，在以下三个方面不断完善。

1. 更安全的街道

当前由于出行空间不连续、不明确及不断被挤压，非机动车、步行等出行方式在中国城市道路中的安全性不断下降，出行风险较大，从而导致出行比例不断下降，造成整个城市交通结构不尽合理。未来的街道设计、建设及使用中需要充分重视机动车以外的其他所有交通出行者的需求，提高弱势交通群体的安全性，通过空间分离、时间分离等方式，为弱势交通群体提供连续、安全的出行环境，同时注意通过街道设计控制机动车的行驶速度并规范其行为，亦可提高机动车的安全性。完整街道的第一个“完整”就体现在出行对象的“完整”上，要能够确保行人、自行车和汽车各行其道，提高街道的安全性。

2. 更绿色的街道

通过减少机动车道空间即减少硬化路面的面积来增加街道绿化，减少人均出行能耗较大的私人小汽车出行比例，设计完善的雨水渗透、雨水再利用系统，提供良好的自行车、步行网络及环境，促使人们更多选择公共交通、自行车、步行等低碳的出行方式，打造绿色街道，从而为绿色城市的建设提供支持。这应该是完整街道的另一个“完整”的体现，即在满足交通功能的前提下，亦是整个城市功能完整化的重要组成部分。

3. 更有活力的街道

街道的功能不应当仅仅集中在交通上，还应当注重街道作为城市空间的其他

功能，城市道路面积往往占到了城市总面积的10%上，应当将街道作为一种独特的城市空间进行建设，打造成在良好完成交通服务功能的基础上，具有休闲、游憩、驻足、交流甚至娱乐等功能的城市空间场所。通过改善人行道、绿化系统、开敞空间等，提升街道的魅力，吸引人们参与到街道的各类活动中，促进邻里关系，提高街道活力。同时，将街道与公园、绿地等城市节点良好衔接，形成点、线结合的网络，结合混合用地的开发，打造具有多样化功能的街道体系，提升街道活力，进而提升城市活力和吸引力。这应该是完整街道的另一个“完整”的体现，即街道不仅仅是交通功能，还有重要的城市空间的功能。

未来的道路系统不应再以私人小汽车为核心进行设计，而应重视满足各类出行需求及配置街道所应具有的其他功能。完整街道的目标是通过完善道路的相关设施，为所有出行者提供公平的交通系统，是今后城市道路交通规划设计的发展方向之一。

（主笔：清华大学 李瑞敏、叶朕，北京易华录信息技术股份有限公司 夏晓敬）

参考文献

[1] National Complete Streets Coalition. Introduction to Complete Streets [Z]. Washington, DC, 2013.

[2] RITTER J. “Complete Streets” Program Gives More Room for Pedestrians, Cyclists [N]. USA Today, 2007-7-29.

[3] National Complete Streets Coalition. The Best Complete Streets Policies of 2013 [R]. Washington, DC: Smart Growth America, 2014.

[4] NICHOLLS J, CANNON S, DUFFY S, et al. Washington's Complete Streets and Main Street Highways: Case Study Resource[R]. 2011.

[5] LITMAN T. Evaluating Complete Streets: the Value of Designing Roads for Diverse Modes. Users and Activities [R]. Victoria: Victoria Transport Policy Institute, 2013.

[6] The National Complete Streets Coalition. Complete Streets Handbook [R]. San Francisco: MARC, 2012.

[7] Department of Transportation. Complete Streets Chicago [M]. Department of Transportation, 2013.

[8] City of Tacoma. Tacoma Residential Streets Complete Streets Design Guidelines [R]. Tacoma: AHBL, 2009.

[9] National Complete Streets Coalition. Complete Streets: Fundamentals [EB/OL]. 2013 [2014. 2. 26]. http://www. smartgrowthamerica. org/complete-streets/complete-streets-fundamentals.

[10] 曹国华，孙华灿. 城市道路可持续发展问题与对策//中国城市规划学会. 多元与包容——2012中国城市规划年会论文集（05-城市道路与交通规划）[C]. 北京：中国城市规划学会，2012.

[11] 顾永涛，朱枫，高捷. 美国"完整街道"的思想内涵及其启示//中国城市规划学会. 城市时代，协同规划——2013 中国城市规划年会论文集(02-城市设计与详细规划)[C]. 北京：中国城市规划学会，2013.

[12] FHWA. An Analysis of Factors Contributing to "Walking Along Roadway" Crashes: Research Study and Guidelines for Sidewalks and Walkways Report[R]. Washington，DC: FHWA，2001.

[13] MAIZLISH N. Health Co-Benefits and Transportation-Related Reductions in Greenhouse Gas Emissions in the San Francisco Bay Area [J]. Am J Public Health, 2011, 103 (4): 703.

[14] New York Department of Transportation. Measuring the Street: New Metrics for 21st Century Streets [R]. New York: New York Department of Transportation，2012.

[15] Smart Growth America. Recent Lessons form the Stimulus: Transportation Funding and Job Creation [R]. Washington，DC: Smart Growth America，2011.

[16] 钟虹滨，钱海容. 国外城市街道改造与更新研究述评[J]. 南京：现代城市研究，2009，09：58-64.

[17] 叶朕，李瑞敏."完整街道"发展综述//中国城市规划学会城市交通规划学术委员会. 新型城镇化与交通发展——2013 年中国城市交通规划年会暨第 27 次学术研讨会论文集[C]. 北京：中国城市规划学会城市交通规划学术委员会，2014.

[18] Sacramento Transportation, Air Quality. Best Practices for Complete Streets [M]. Sacramento Transportation，2005.

第3章

潮汐车道



3.1 潮汐车道的发展

作为可变车道的一种方式，潮汐车道是指在不同时间段内变换某些车道上的行车方向或行车种类的一种交通组织方式。潮汐车道被认为是提高现有道路使用效率的有效方法之一。其工作原理是调整现有道路上不同方向车道的数量以求最大化满足交通需求，特别是在某方向车辆较多，而相反方向车辆较少时。潮汐车道的实施能够降低对新建道路的需求，并且在车流量极不平衡的条件下(如日常通勤高峰时期、重大活动的前后、紧急疏散时)，能够最大限度地发挥作用。

早在1928年，美国洛杉矶出现了第一条潮汐车道。20世纪40年代至60年代，美国的潮汐车道因高速公路的大力建设而广泛使用。70年代后，世界范围内的潮汐车道逐渐运用于高速公路、桥梁与隧道，并在欧洲和澳大利亚的应用较为广泛。70年代至80年代间，部分地区开始为高速公路的大载客量汽车和城市公共汽车专门开辟潮汐车道。

美国马萨诸塞州修建了一条连接昆西与波士顿的快速路，潮汐路段共6mile长，专门为多座载客汽车(HOV)开通潮汐车道。该车道基于反向流设计，在上午和下午拥堵时段，将次向车道转换为主向车道。HOV车道用一条长6mile的“可活动墙”隔开，该墙通过铰链将混凝土护栏连缀起来，每天两次变换位置。营建可移动护栏系统大约花费1030万美元；每辆护栏移动车花费65万美元。在上午高

峰时期(6:00—10:00am),该路段北侧开通5条车道(其中包括1条HOV车道),南侧开通3条车道;下午高峰时期(15:00—19:00pm)正好相反,南侧开通5条、北侧开通3条车道。马萨诸塞州交通部门在1995年开通这条HOV车道,要求必须载客两人以上的汽车方可使用。同时该车道融入了诸如监控、信息集中化等交通管理系统,并整合计算机技术,使得该路段的使用更为高效。

在国内,上海市外环隧道最先设置了潮汐车道。深圳的梅林关也对潮汐车道的应用进行了实地试验,在早高峰时段梅观路出关方向的快车道上,由西向东增加为3个车道,反方向减少为1个车道,以此缓解早高峰时的进关车流量压力。此外,大连、广州、杭州等城市也在尝试或试验潮汐车道。2013年9月12日,北京第一条潮汐车道——朝阳路(京广桥至慈云寺桥)开通试运行,晚高峰17时至20时,主路进城方向的一条社会车道改为机动车使用。2014年9月29日,第二条潮汐车道——海淀紫竹院路正式启用。

需要注意的是,虽然潮汐车道是应对潮汐交通流的一种有效手段,但是在实施中需要增加相应的投资,同时在规划、设计、实施等方面需要根据不同的情况进行具体考虑。

在空间上,实施潮汐车道的路段及前后路段可以视为如下几个部分:①预告路段:在该路段告知驾驶人前方有潮汐车道,包括多少条车道及哪几条车道;②决策路段:在该路段驾驶人必须决定是驶入潮汐车道还是离开潮汐车道,该路段通常被视为是最为危险的,因为该路段有大量的分流、合流行为;③潮汐车道段:在该路段各方向车辆在相应车道内行驶;④转换路段:从潮汐车道转换为正常车道,类似于②决策路段,该路段需要恰当的设计;⑤正常路段:车辆驶离潮汐车道段恢复至正常行驶路段。

在时间方面,潮汐车道的一个特点就是时变的,但是根据应用情况的不同,其时间变化的频度亦有所差异,例如有的潮汐车道一天使用4个小时,早上2个小时用于一个方向,晚上2个小时用于另一个方向;或者是一天变换一次,中午前一个方向,中午后一个方向。当然,用于应急撤离或者施工的潮汐车道的持续时间可能是数日甚至数月。



3.2　潮汐车道的适用条件

虽然潮汐车道是一种有效地应对道路双向交通流需求不均衡的手段,但是其亦存在着一定的适用条件。在实际应用中主要需要考虑道路和交通流方面的条件。

1. 道路条件

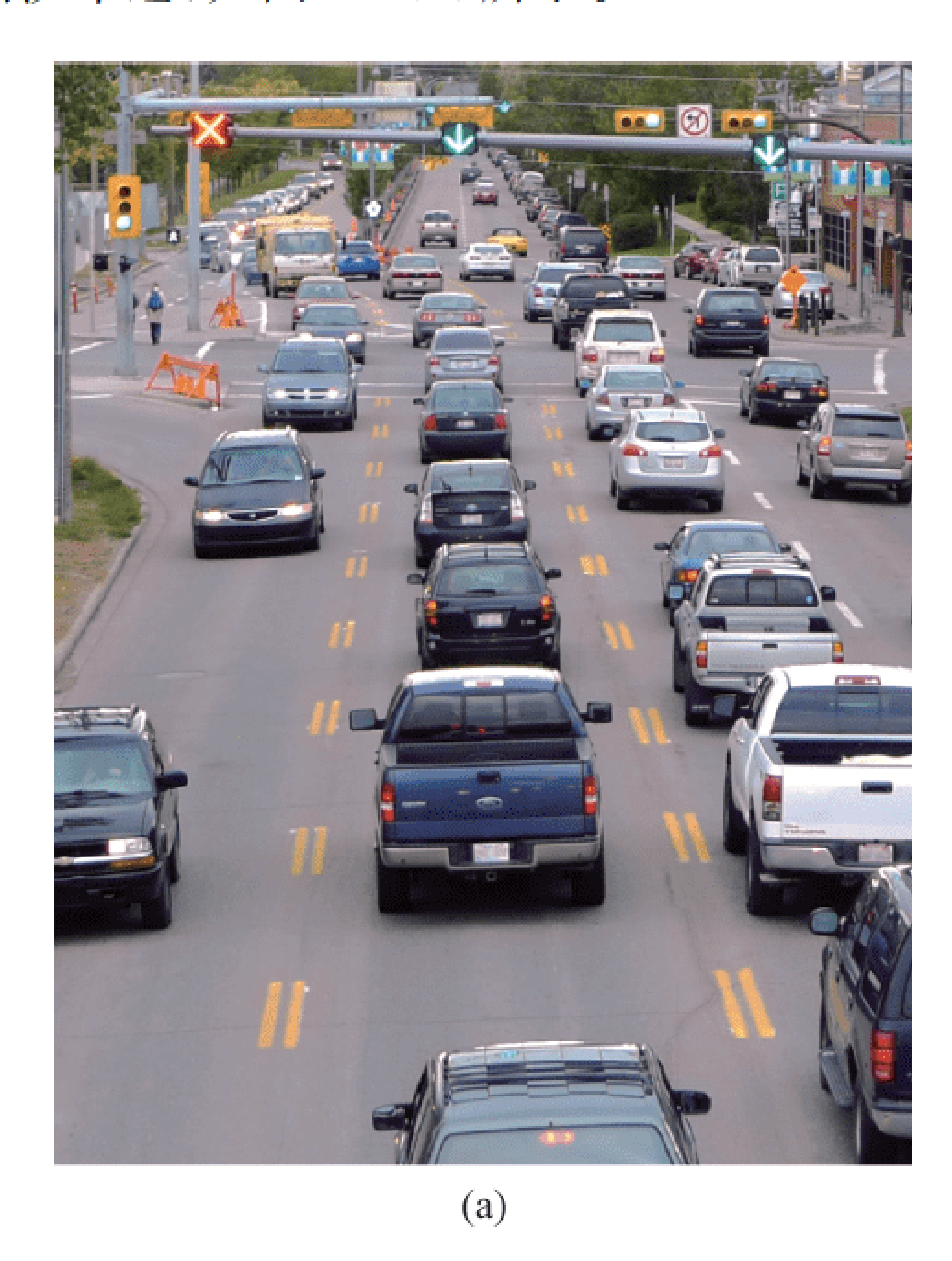
实施潮汐车道的道路一般需要满足如下的道路条件。

(1) 道路上机动车车道数为双向3车道以上。在交通流量较大的城市主干路上

车道数通常在 6 条以上，至少为 5 条，即设置潮汐车道的路段上的非主要方向的车道数不宜少于 2 条。在实际应用中，存在着较大比例的在双向 4 条车道的道路上实施潮汐车道的案例，如图 3-1(a)所示的 Memorial Drive 的潮汐车道。甚至于双向只有 3 条车道的案例也有不少。

(2) 主要方向使用潮汐车道时，不应对此方向的车辆通行造成影响。

(3) 设置潮汐车道的路面上一般不存在中央分隔带或路面电车轨道。但在道路形态已定且需求明确的情况下，即使存在中央隔离带，也可以根据实际情况设置潮汐车道，如图 3-1(b)所示。



(a)



(b)

图 3-1　Memorial Drive 的潮汐车道①

(4) 用于城市道路时，信号控制交叉口进口道上需增加车道数。

(5) 潮汐车道的开始与结束区应留有充足的过渡区和充分的交通处理能力。

2. 交通流条件

(1) 路段平均速度在高峰期相对平峰期至少下降 25%，或者在信号控制交叉口车辆至少需要 2 个周期才能够通过，即某方向的交通流量超过了路段的通行能力。

(2) 交通量大小与分布决定了潮汐车道的使用效率。通常情况下，两方向的交通量之比决定了潮汐车道的分配与长度设置，并且两方向的交通量之比为 2∶1 时便适合采用潮汐车道，是否设置潮汐车道的具体的交通量之比与断面的车道总

① ISL Engineering and Land Services. Reversible Lane Control Systems [R]. PBA Consulting Engineers. 2011.

数有一定的关系。如流量之比与车道之比不当，则可能导致非主要方向产生新的拥堵。

(3) 美国州公路及运输协会(AASHTO)建议：在高峰时期，当一个方向的交通量占了路段断面交通量65%以上时，可采用潮汐车道的设置[①]。

(4) 设置潮汐车道的路段的交通拥堵问题应具有周期性和可预见性。

(5) 通勤车辆中，直接横穿区域而非转弯、停留的比例较高。



3.3　潮汐车道的交通控制系统

潮汐车道的设置长度可以从一个街区的长度到数十千米的长度，因此潮汐车道的控制根据设置环境的不同而有所差异，简单的只要通过交通标志标线就可以进行控制，而复杂的则需要有中心控制的车道使用信号灯、可变信息板乃至自动路障系统等。

3.3.1　道路设备

1. 标志

潮汐车道的交通标志在80余年的发展过程中并未产生革新性的变化。交通标志包含了潮汐车道使用时间、可用车道等信息，通常安放在车道上方或道路沿线。潮汐车道应用初期，交通标志安放在地面的支座上并且双面使用以方便人为进行位置调整。但是频繁地变换潮汐方向会增加过多人力成本，标志自动安放设施应运而生。当下，采用最多的是以车道上方的标志为主，道路两旁的标志为辅的交通标志提示系统。

2. 地面标线

为了弥补交通标志提示不充分的问题，潮汐车道开始段地面常设置特殊标线。

(1) 时间式标线：在车道内漆画时间，表明该车道在该时间内使用，其余时间禁止驶入。

(2) 文字式标线：标明“潮汐车道”字样，配合交通标志使用，提醒驾驶人注意潮汐车道的设置情况。

(3) 标线式：通过对地面不同交通标线的漆画，提示驾驶人车道具有特殊功能，行驶时应注意甄别，常配合交通标志使用。

为规范化我国潮汐车道的应用，在《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)中也给出了与潮汐车道有关的标志标线的规定。

3. 交通信号灯

潮汐车道的交通信号灯作为一种新型的提示装置，让车道的转换时间更短，成

① NCHRP SYNTHESIS 340. Convertible Roadways and Lanes[R]. 2004.

本更低，同时也降低了对车流的影响。使用最广泛的是车道使用信号灯。信号灯用于提示驾驶人该车道是否可用，以及处于变换之中的车道。主要通过颜色与符号来实现这一功能。例如，向下的绿色箭头表示该车道可通行，黄色的“X”表示车道处于变换过程中，驾驶人应驶离；红色的“X”则表示该车道禁止使用。

4. 隔离用障碍物

有时为了“潮汐车道”的清晰明确，交通管理人员会采用一些隔离用的障碍物来辅助标识“潮汐车道”的实施。最简单的是人工摆放锥桶类的隔离物，但这种方式效率较低且危险性较大，近年来国内外开始有自动障碍物移动车来辅助进行隔离用障碍物的移动，通过障碍物移动车沿道路缓慢行驶，能够将车道一侧的隔离用障碍物移动到车道另一侧。

5. 其他一些设施

有时在潮汐车道的使用中还会使用一些临时使用的设施如锥桶等来提高潮汐车道的安全性和可视性。

在加拿大卡尔加里的一个潮汐车道案例中，使用如图 3-2 所示的控制设施[①]。



图 3-2　Bow Trail 的交通控制设施(加拿大卡尔加里)

3.3.2　控制中心

传统的“标志—标线—隔离式路障”构成的潮汐车道控制系统只需要在设计安装时做好准备工作，之后辅以相关管理措施便可以有效地实施，施工简便、应用方便。然而这种相对“固定”的潮汐车道调节模式不够灵活，有突发状况时不能保证车辆及时疏散，也不能实现车道动态调整。因此，一种结合“龙门架—中心控制系统”的潮汐车道系统开始在近年来得到广泛运用。

该系统通过可变 LED 车道指示信号灯代替限行标志来指示车道行驶方向，用现场或联网控制代替人工搬运或机械拖移限行隔离物来变换车道的运行状态。控制系统可以由现场民警直接控制，即通过现场控制器按钮手动操作改变潮汐车道

① ISL Engineering and Land Services. Reversible Lane Control Systems [R]. PBA Consulting Engineers, 2011.

信号灯显示状态；也可由指挥中心通过软件进行远程控制，即现场车道信号灯接受指挥中心控制指令，调节其显示状态，并反馈当前状态。在没有突发事件的情况下，若交叉口有明显的通行特征变化，交通管理者可提前进行程序输入，调整标志转换的时间使其自动变换。

同时，在潮汐路段沿线安装监控摄像头，可以对潮汐时段未按规定行驶的车辆进行拍照并进行处罚；同时，该摄像头传回的实时路况信息反馈作用于指挥中心，必要时指挥中心可调整潮汐车道的运行状态。目前这种操作方便、控制灵活的指挥控制系统可极大提升路面警力的执勤效率，利于提升城市形象。



3.4　潮汐车道的交通组织

3.4.1　路段交通组织方法

1. 地面标线改造

根据道路横断面的形式不同，一般可将城市道路划分为一幅路、二幅路、三幅路、四幅路等几种道路形式。在潮汐车道设置过程中，一般而言为了实现车道变换，保证车辆能够顺利进出可变车道，道路上不应存在固定的中央分隔带或者路面电车轨道。因此可变车道可以在横断面为一幅、三幅的道路上设置。但在现实中，也有在二幅路、四幅路进行设置的，亦取得了良好的效果，故中央隔离带(栏)的存在不会从根本上影响潮汐车道的交通组织。

在对道路做潮汐车道改造时，需将潮汐车道两侧的标线改为双黄虚线，此双黄虚线将潮汐车道跟其他车道分隔开，并可在潮汐车道上标注文字“潮汐车道”，国标《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)中给出的潮汐车道标线如图 3-3 所示。

2. 增设指示标志

设置潮汐车道作为一种借用对向车道增加通行能力的交通管理措施，虽然理论上简单可行，但是如果在实际运用中不能够准确有效地将路权信息传递给驾驶人，则往往会给驾驶人造成困惑，甚至导致严重的交通事故。

预告提示牌能够在车辆进入潮汐车道路段之前提醒驾驶人减速并保持警惕，给驾驶人一个心理缓冲时间。

潮汐车道预告提示牌设置原则：

(1) 潮汐车道预告提示牌提前在潮汐车道路段前 300m 设置，间距为 100m，分别提示前方还有 300m、200m、100m。

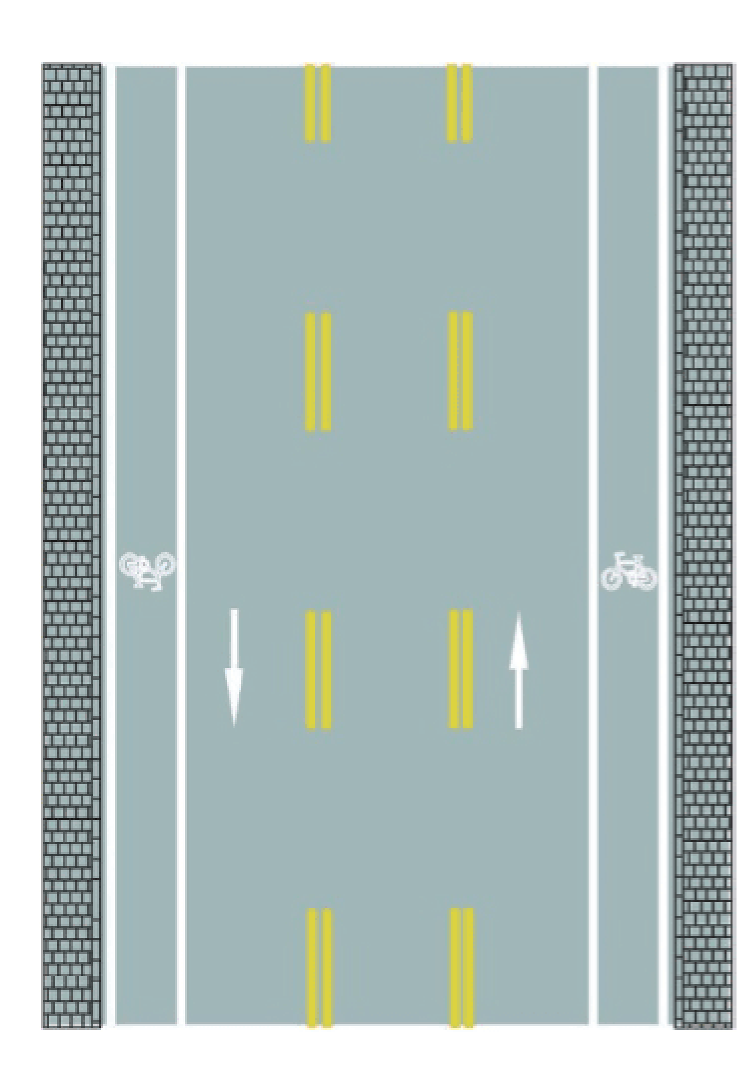


图 3-3　潮汐车道标线

(2) 潮汐车道预报提示牌要明确写出潮汐车道的使用起止时间段。

(3) 提示信息要简洁、清晰,便于驾驶人快速接收信息。

3.4.2 交叉口交通组织方法

交叉口本身即是道路交通流实现合流、分流以及变换行驶方向的地方,因此冲突点很多。而再进行潮汐车道的设置,则会给经过的交叉口带来额外的负担,故潮汐车道的设置对交叉口的交通组织提出了额外的要求。

当要设置潮汐车道时,需要对潮汐车道经过的交叉口进行相应的改造,改造内容一般包括交叉口信号控制灯、进口道指示标志、路面渠化等方面。

其中交叉口信号控制灯的改造指:用于潮汐车道的进口车道内路面不再设置导向箭头,而是改为门架式可变导向指示信号灯,车辆在驶入潮汐车道路段后,需要严格遵守信号控制,将路权唯一化,避免事故发生。潮汐车道信号灯多采用门架式或者悬臂式安装,这样更加有利于驾驶人及时、准确接收到可变车道路权信息。

以车道信号控制灯组织潮汐交通流可以分为三个阶段:

当某方向交通流量较大,需要开启潮汐车道时,潮汐车道上方信号变为指向朝下的绿色箭头,此时车辆被允许驶入潮汐车道。注意此时应已经清空了潮汐车道内的对向车流。

当要终止潮汐车道的使用时,潮汐车道上方的信号灯首先变为斜指黄色箭头,之后变为红色箭头,之后该方向的车辆就不能再驶入潮汐车道。

潮汐车道两端的车道信号灯将保持一段时间全红,以便能够清空潮汐车道内的车辆,此全红时间与潮汐车道的总通行时间有关。在条件允许的情况下交通管理部门还应当出动执勤车辆检查可变车道上车辆是否完全清空,尤其是否存在事故车辆不能及时清走时。

进口道指示标志主要是指要在进口道增加潮汐车道警告标志,如图 3-4 所示。



图 3-4 潮汐车道警告标志



3.5 潮汐车道的优缺点

作为适应特定交通流状况的一种交通组织方式,潮汐车道在实际应用中体现出较为明显的优缺点。

3.5.1 优点

(1) 节约建设成本:与通过改扩建道路来新增一条或数条车道相比,在高峰时期采用潮汐车道系统不仅能满足潮汐性交通流的通行要求,还能节省较大的道路基础设施建设成本;

(2) 实施简便：采用可变车道能在数周或数月内完成实施，相反，新建车道需要占用更多时间；

(3) 潮汐车道为提升交通服务质量提供了可能，进而增加公共交通乘客数量，而这些措施并未大幅增加对交通基础设施建设的投入资金；

(4) 主向和次向车道的使用者都能直接感受到旅行时间的节省；

(5) 在道路上发生意外事故时，能短时扩大相应方向容量。

3.5.2　缺点

当然，由于需要将车道的放行方向实时变化，故而潮汐车道在实施中亦存在如下一些较为明显的缺点：

(1) 增加交通管理工作量和相应设施建设量；

(2) 驾驶人必须集中注意力，遵守各种标志标线提供的信息；

(3) 针对潮汐车道的使用，如无完善的违章违法处罚规定及相应的监控系统，则可能存在较多的违法行为从而无法达到预期效果。



3.6　实例分析

3.6.1　实施背景

荣华路是北京市亦庄经济技术开发区核心区域贯通南北的主干道，如图 3-5 所示。荣华路北至南五环、南至荣昌街，全长约 4.26km，是 1 条四块板道路，机动车道双向 6 车道，非机动车道设置为 1 条机动车道 1 非机动车道，机动车道与非机动车道之间以及双向机动车道之间均采取绿化隔离的方式，道路红线宽 65m。荣华路上的典型交叉口的位置如图 3-6 所示。



图 3-5　荣华路在亦庄核心区的位置



图 3-6　荣华路上的典型交叉口

3.6.2 实施前交通状况

以文化园路以北的断面交通量为例,2014 年 3 月晚高峰时段(17:30—19:00)北向南交通负荷度为 0.21,南向北离开开发区方向的交通负荷度为 1.33,2014 年 9 月同一时段,交通负荷度分别为 0.30 和 1.60,晚高峰南向北方向交通流量明显超出设计通行能力,且潮汐现象非常明显,具体数据如表 3-1 和表 3-2 所示。

表 3-1 2014 年 3 月早、晚高峰时段荣华路(文化园路以北)断面双向交通量

时间	8:00—9:00				17:00—18:00			
类型	客车	货车	标准车	负荷度	客车	货车	标准车	负荷度
北向南方向	955	326	1607	0.57	350	113	576	0.21
南向北方向	2335	380	3095	0.88	3438	606	4650	1.33
总计	3290	706	4702	0.75	3788	719	5226	0.83

表 3-2 2014 年 9 月早、晚高峰时段荣华路(文化园路以北)断面双向交通量

时间	8:00—9:00				17:00—18:00			
类型	客车	货车	标准车	负荷度	客车	货车	标准车	负荷度
北向南方向	1350	228	1806	0.65	618	111	840	0.30
南向北方向	2719	332	3383	0.97	4063	768	5599	1.60
总计	4069	560	5189	0.82	4681	879	6439	1.02

荣华路晚高峰南向北方向排队状况如图 3-7 所示。



图 3-7 荣华路晚高峰南向北方向排队状况

3.6.3 实施内容

选取路段为荣京街至文化园路区间设置潮汐车道,如图 3-6 中红色线段所示,全长 2km,其中共有 6 个十字平面交叉口,南向北依次为荣京街、中和街、隆庆街、

万源街、北环路和文化园路。设置的潮汐车道为北向南方向最内侧车道，管制措施为晚高峰 17：00—18：30 允许车辆在该车道内南向北行驶，即在潮汐车道启用的时间段内，主路南向北的车道 4 个，北向南车道减少为 2 个。同时，配合潮汐车道行驶，设置与之相关的管理措施有三个：一是东向北右转弯车辆禁止在交叉口右转直接进入潮汐车道；二是西向北左转弯且直行的车辆诱导其直接进入潮汐车道；三是进入潮汐车道行驶的车辆在整个潮汐车道行驶过程中不得左右转和调头。典型交叉口设置的设施如图 3-8 所示。



图 3-8　典型交叉口设施设置

3.6.4　效果评价

2014 年 12 月 8 日荣华路开始在工作日晚高峰时段（17:00—18:30）实施潮汐车道的交通管理措施，借助于当时荣华路上较为完善的卡口系统，对实施潮汐车道的效果进行了定量的评价。

1. 流量变化分析

首先对比实施潮汐车道前后各日的总交通流量及晚高峰期间的交通流量的变化情况。对比的是实施潮汐车道的南向北方向，采用的数据是 2014 年 12 月 1 日到 24 日的数据。

从图 3-9 和图 3-10 可知，实施潮汐车道后，同一工作日或周末的全天交通流量并无明显变化。

从图 3-11 和图 3-12 可知，实施潮汐车道后，同一工作日或周末的晚高峰时段交通流量并无明显变化。

2. 旅行时间变化分析

在交通流量基本不变的情况下，进行潮汐车道实施前后旅行时间的对比分析，如表 3-3 所示。分析的数据为从中和街交叉口停车线停驶通过文化园路交叉口停车线的时间。

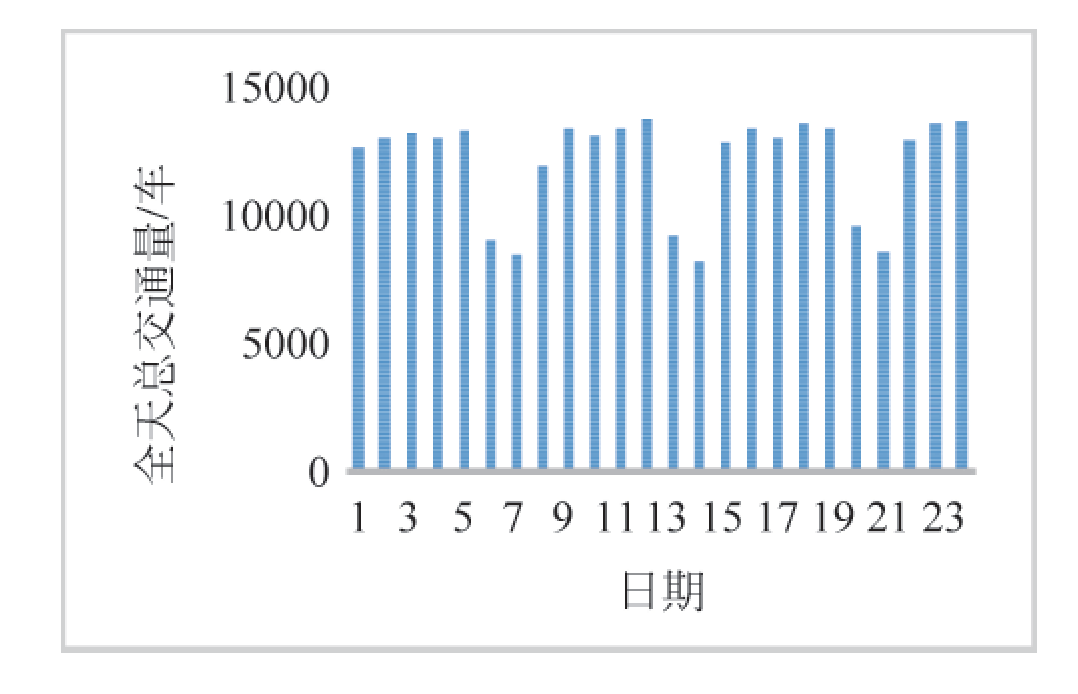



图 3-9　文化园路交叉口南向北全天车流量

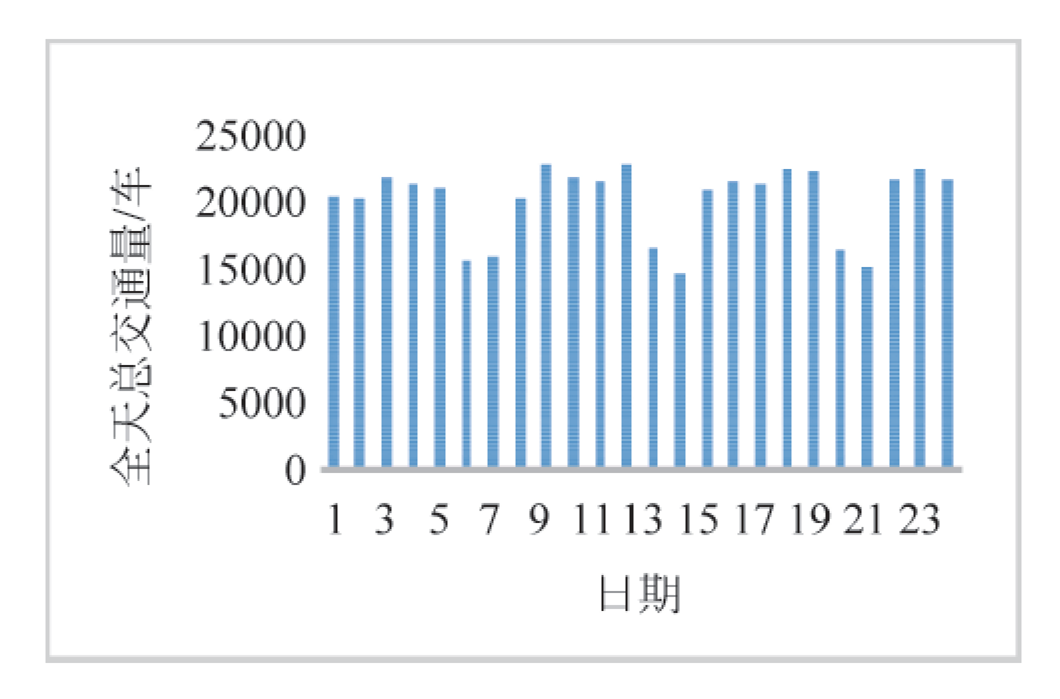


图 3-10　中和街交叉口南向北全天车流量

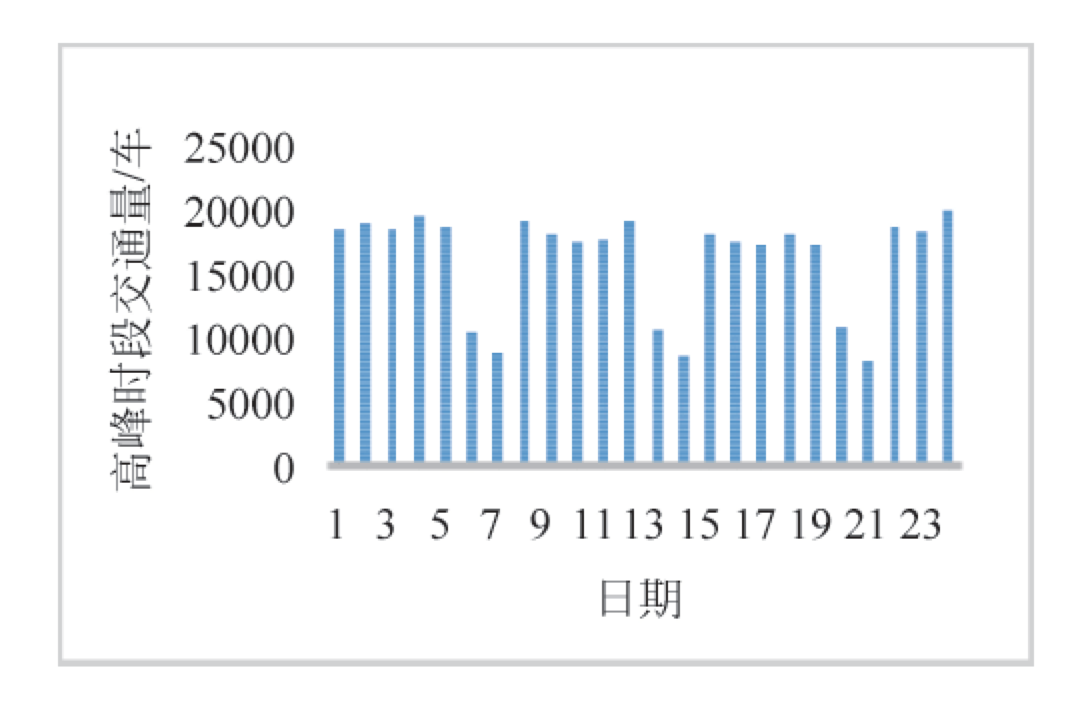


图 3-11　文化园路交叉口南向北晚高峰时段（17:00—18:30）车流量

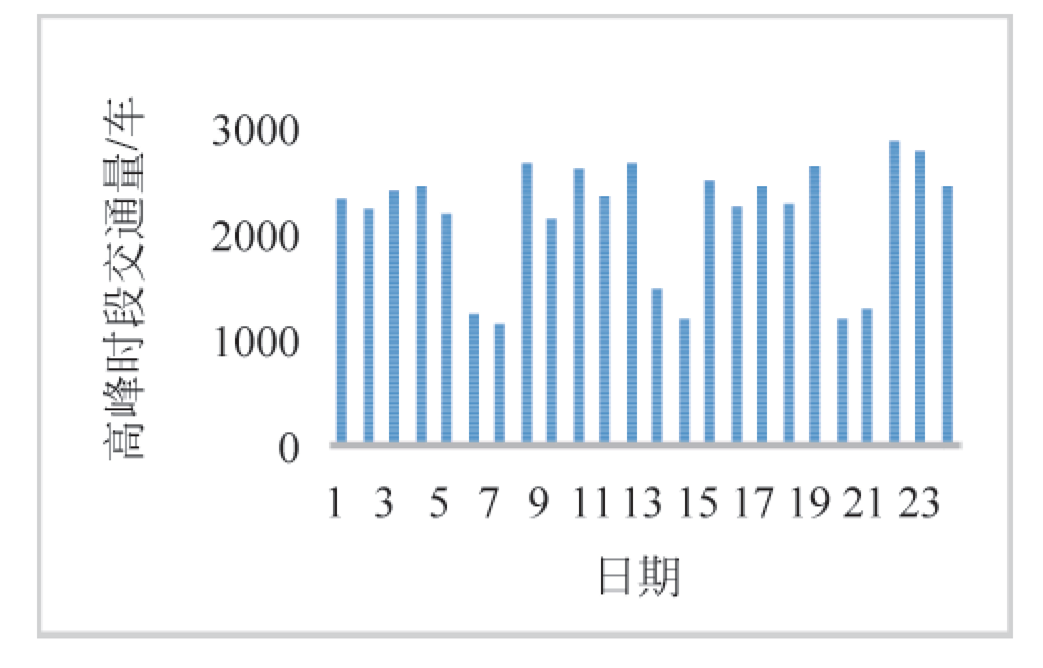


图 3-12　中和街交叉口南向北晚高峰时段（17:00—18:30）车流量

表 3-3　晚高峰（17:00—18:30）潮汐时段南向北行驶时间对比分析

日期	平均旅行时间/s	中间值/s	最大值/s	最小值/s	方差
周一					
2014 年 12 月 1 日	1036.075	1062	1232	581	17981.93
2014 年 12 月 8 日	530.417	554	1410	238	18446.92
2014 年 12 月 15 日	509.369	523	1230	240	19724.96
2014 年 12 月 22 日	452.193	436	925	230	13107.67
周二					
2014 年 12 月 2 日	968.533	1006	1219	592	12978.48
2014 年 12 月 9 日	461.537	437	1345	259	12425.21
2014 年 12 月 16 日	376.358	370	1016	233	8833.65
2014 年 12 月 23 日	479.588	508	700	222	15425.93
周三					
2014 年 12 月 3 日	898.978	907	1207	557	24274.30
2014 年 12 月 10 日	421.230	402	1037	253	8890.41
2014 年 12 月 17 日	370.771	371	716	234	6369.77
2014 年 12 月 24 日	468.271	424	1189	285	11685.35

续表

日期	平均旅行时间/s	中间值/s	最大值/s	最小值/s	方差
周四					
2014 年 12 月 4 日	938.717	967	1402	570	26698.27
2014 年 12 月 11 日	363.836	364	1217	246	7471.80
2014 年 12 月 18 日	349.671	358	877	236	5008.91
星期五					
2014 年 12 月 5 日	808.498	827	1355	540	14225.22
2014 年 12 月 12 日	465.961	439	1390	261	12806.96
2014 年 12 月 19 日	406.287	393	1330	231	11946.57
星期六					
2014 年 12 月 6 日	318.083	284	744	249	6615.52
2014 年 12 月 13 日	288.639	269	524	225	2245.90
2014 年 12 月 20 日	315.910	259	1385	219	42287.06
星期日					
2014 年 12 月 7 日	299.022	275	905	238	9727.80
2014 年 12 月 14 日	295.909	271	881	231	11811.48
2014 年 12 月 21 日	257.333	251	379	221	1136.68

从表 3-3 可以看出，在工作日，实施潮汐车道后，虽然通过该路段的最大旅行时间与实施前相比变化不大，但平均旅行时间及旅行时间的中位值都有较大的降低。例如，平均旅行时间下降的比例为 42.37%～62.75%，而对于周末而言，由于不存在拥堵，且未实施潮汐车道，故旅行时间变化相对不明显。

图 3-13 用图示的方法对比了晚高峰期间旅行时间平均值的变化情况。从 12 月第 2 周潮汐车道启用后，工作日平均旅行时间大幅减少，可见潮汐车道作用明显。

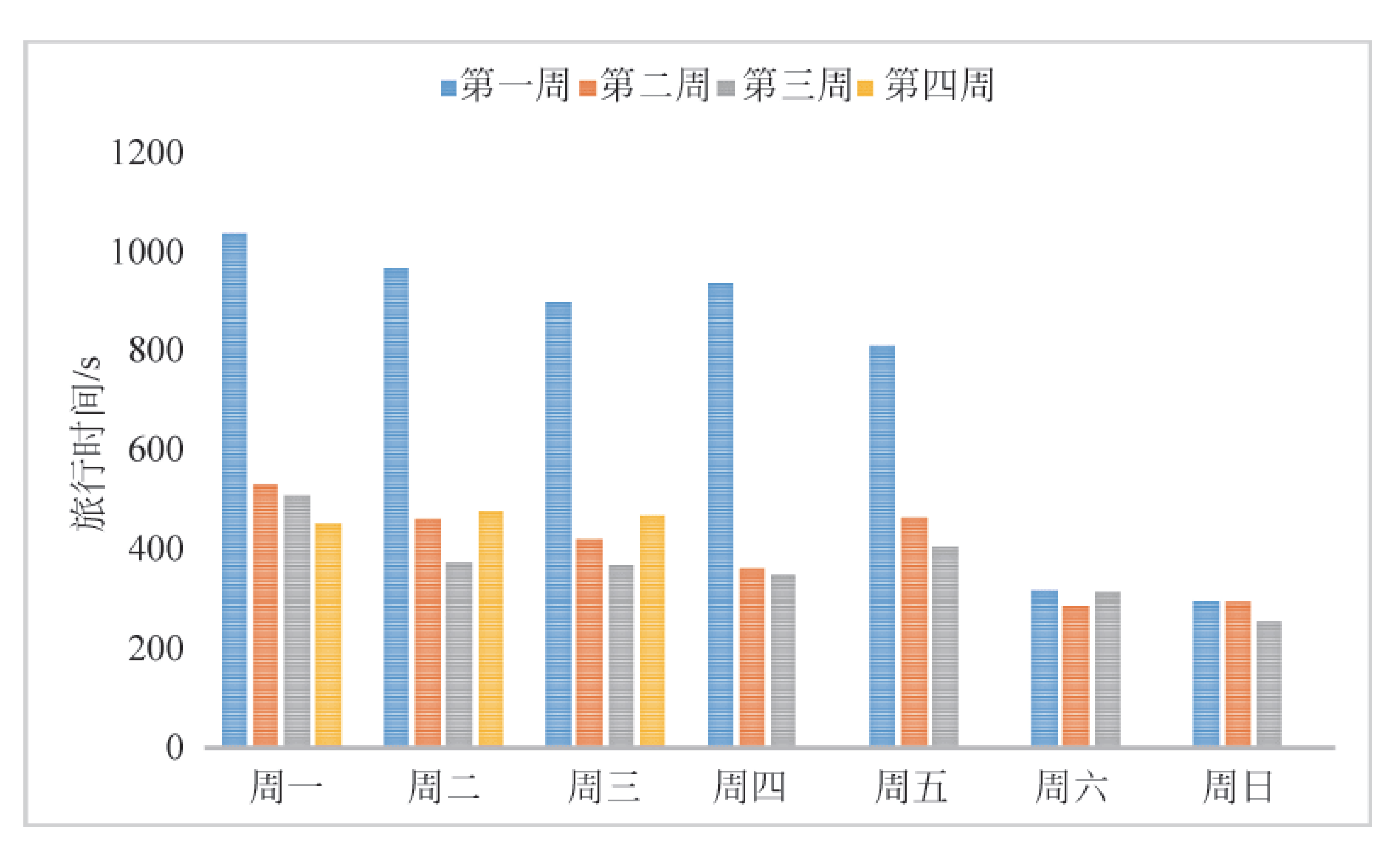


图 3-13　2014 年 12 月晚高峰时段南向北平均旅行时间



3.7 未来

尽管潮汐车道应用历史较为悠久，在全球范围内得到了应用，且我国近年来在部分大中城市都有应用案例，但仍然存在以下问题：

(1) 缺少定量评价手段，很少对其效用进行深入研究；

(2) 缺少通用指南来指导潮汐车道的规划、设计、运行、控制、管理，新版的《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)只是给出了潮汐车道的标志、标线的设置参考。

(3) 潮汐车道体系的发展常依赖先期使用经验与效果观察。

因此，未来需要结合实施情况出台相应的实施指南并结合目前可以大量采集的数据进行详尽的评价。

(主笔：清华大学 李瑞敏，北京市公安局公安交通管理局开发区交通大队 熊赟，北京易华录信息技术股份有限公司 赵新勇)

第4章

交叉口可变车道



4.1 借道左转

“借道左转”的交通组织方式是近年来在我国部分城市逐步发展和应用起来的一种交叉口渠化与信号控制相结合的交通组织优化方式。一些城市，在特定交叉口或特定进口道方向，通过科学合理地设置“借道左转”的交通组织方式，可以改善交叉口的交通运行状况，提高交叉口运行效率。

4.1.1 基本原理

在设置有保护型左转相位的信号控制交叉口，由于左转车流与直行车流不同时放行，故除右转车辆外，每一相位往往只有两个转向的交通流放行，例如相对方向的直行同时放行，而在道路空间资源利用率方面，则存在可进一步挖掘的潜力。例如在图4-1中，当放行东西直行相位的时候，1和3两个出口的车道只服务于从东西方向右转进入该出口的车流，因此，其车道空间尚有一定的空闲。而与此同时，南北进口道的左转交通流往往由于车道数量的不足导致排队较长，排队时与南北直行车流形成相互的阻挡（尤其对于通过偏移中心线或压缩中央隔离带而形成的左转车道），从而影响交叉口整体的通行效率。此时，从道路资源充分利用的角度出发，可以适时控制南北左转机动车越过道路中心线，分别进入1（南向西左转车流）、3（北向东左转车流）两个出口道进行停车等待，根据1、3两个出口方向的车道总数可

以占据一条、两条甚至三条出口车道，以排队等待南北左转相位的绿灯启亮。

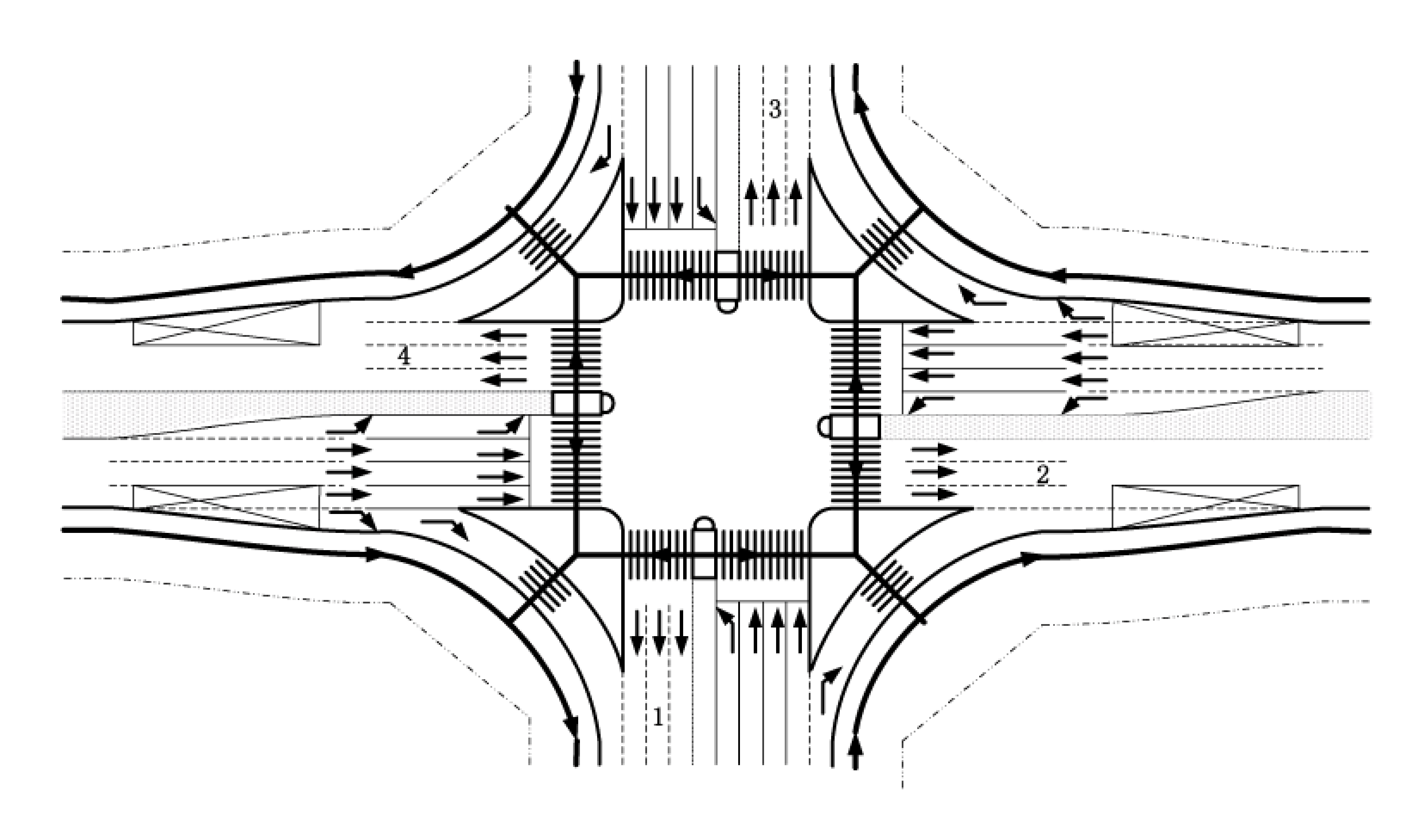


图 4-1　交叉口示意图

简单而言，“借道左转”的交通组织模式是指在交叉口出口车道中设置双向行驶车道，进口道中心隔离护栏靠近交叉口位置设置一个出口，并设置提醒信号灯和指示线，引导左转车辆进入双向行驶车道，借用对向车道疏导左转车辆通过交叉口。由此来看，“借道左转”的车道也可以视为某种形式的“可变车道”，即原本是交叉口的出口车道在某些时段内被用做进口车道。

借道左转交通组织方法由于与传统的交通组织方法有较大的差异，故在交叉口的交通设计中需要考虑两个主要方面：一是交叉口渠化方案的调整和优化；二是交叉口信号配时方案的调整和优化。

4.1.2　交叉口渠化设计

在交叉口渠化方面，由于要借用对向出口车道进行左转，故需要确定如下几个方面。

1. 借用车道的数量

通常情况下，借用对向出口车道的数量取决于左转交通流量的需求以及对向出口车道的总数量。一般而言，在左转车辆流量较大的情况下，较多地借用对向出口车道数量有助于提高交叉口的通行能力，但需要注意：由于一般情况下信号控制交叉口允许红灯右转，故借用的对向出口车道的条数要比对向出口车道的总条数少 1～2 条，同时，借用的车道数加上正常的左转车道数不能多于左转转向后的出口车道总数。例如在图 4-1 中，因 1 出口道方向只有 3 条车道，故南进口借用 1 出口方向的车道数不能超过 2 条；同时，因 4 出口方向只有 3 条车道，故南进口借用 1 出口方向的车道数亦不能超过 2 条，由此最终南进口借用 1 出口方向的车道数不能超过 2 条。由于“借道左转”多实施在主干路上，故单向车道数往往大于等

于 3 条，因此，从实践效果来看，“借”2 条对向车道效果最佳。

由此看来，借道左转交通组织方法主要适用于双向六车道及以上的城市主干路。双向四车道的次干路，在交叉口范围通过展宽使机动车道宽度达到 20m 以上，实现 3 条进口道 3 条出口道甚至 4 条进口道 3 条出口道，并且展宽段长度达到规范要求的上限值，视交叉口左转车需求也可以使用借道左转。

2. 借用车道长度

在确定借用车道数量后，借用车道的长度（即中央隔离的开口位置）则取决于高峰期左转车流的高峰值，一个基本原则是尽量减少左转车辆的二次排队，且使借用的长度不至于过长。同时，借用车道的长度与信号配时密切相关，为了保证进入“借道”车辆在左转绿灯信号内能够全部放空，借道的长度需要与左转绿灯时间相互匹配，即“借道”长度与信号配时是相互影响、相互制约的。以邯郸市典型交叉口为例，通过对不同交叉口的交通流量、流向的实地调研测算，以保证安全，防止发生交通组织性的交通事故为原则来合理设定借道待行区长度。开口距离交叉口停止线的长度一般设定在 36～50m 之间，长度过长则没有意义，主要由于：①容易导致借道长度过长，增加了施工量；②过远的距离不便于驾驶人准确判断交叉口信号状态。

3. 借用车道的渠化

目前国家标准中尚无对“借道左转”车道渠化标线的规定，在实际应用中，部分城市采用黄色标线来标识出“借道左转”的车道段，以提醒驾驶者注意，如图 4-2 所示。

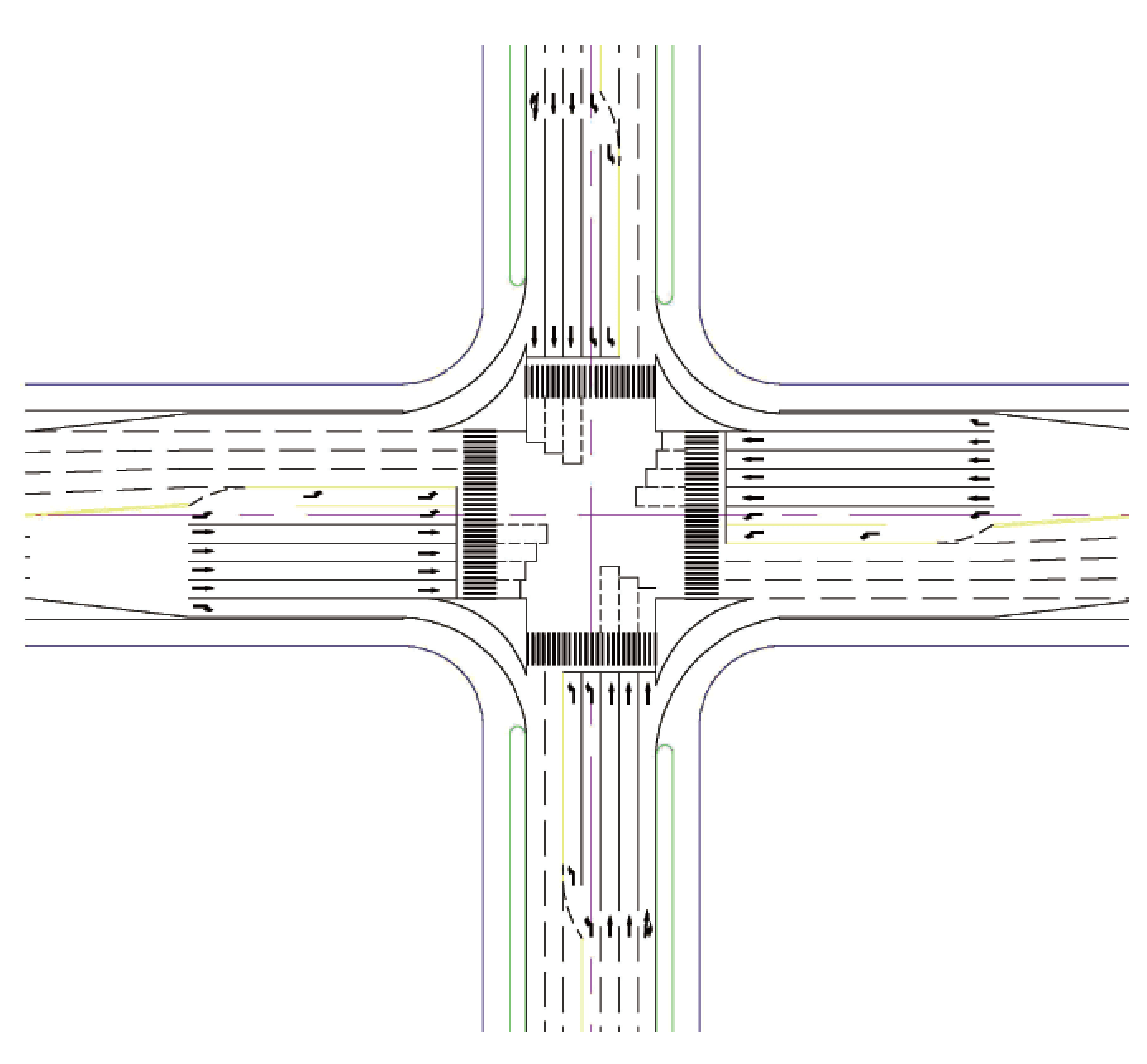


图 4-2　典型“街道左转”车道渠化示例

实际渠化实施效果图如图 4-3 所示。



图 4-3　借用两条对向车道实例图

4.1.3　交叉口信号配时

需要注意的是，在借道左转交通组织中，左转车辆并不是随时都可以“借道”，为了不影响车辆正常直行，保障交通安全，须通过信号灯对要左转待转车辆加以控制，由此增加了交叉口信号控制的复杂性且与传统的信号控制方案有所不同。

1. 交叉口信号相序

“借道左转”的交通组织方式主要适用于对称放行的设置保护型左转相位的四路交叉口。目前常用的四路交叉口的四相位方案主要有如下两大类。

第一类是对称放行方式，如图 4-4 所示。相序有可能是如图 4-4 所示的先放行某两个方向的左转再放行直行，也可能是先放行某两个方向的直行再放行左转(例如设置有左转待行区)，亦有可能存在搭接相位。但是其共同点是对称方向(例如南北方向)的左转、直行两个相位是连续放行的。

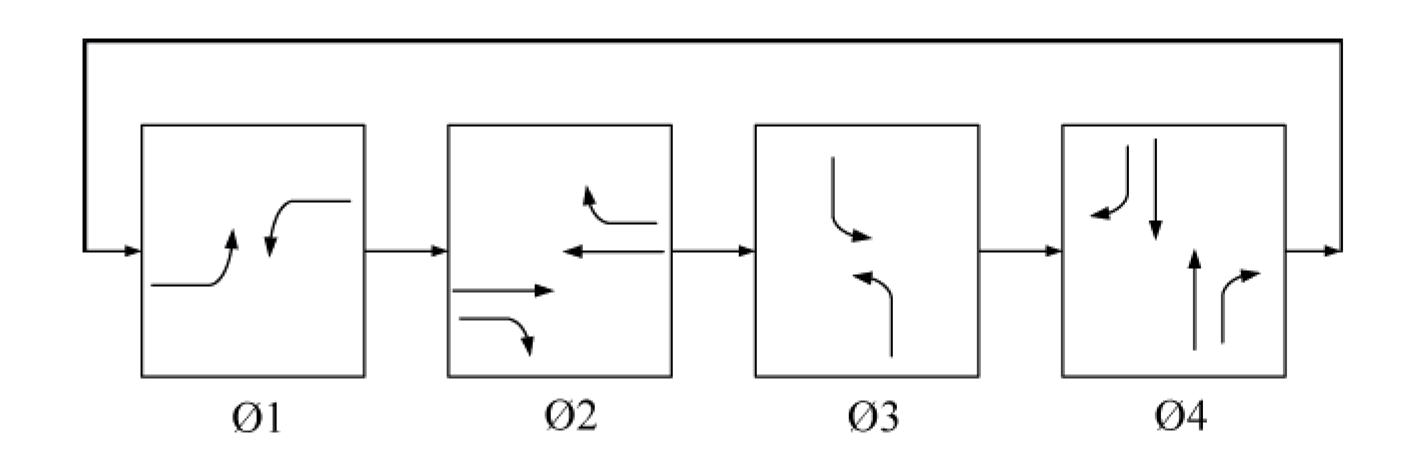


图 4-4　保护型左转的四相位图

第二种放行方式是各方向轮流放行，如图 4-5 所示。

对于“借道左转”的四路交叉口而言，一般采取四相位控制，为了能够充分利用空间上的借道，相序上受到了较为严格的限制，一般情况下只能采取如图 4-6 所示

的相序方案（为描述方便，将图 4-4 略微变化为图 4-6）。

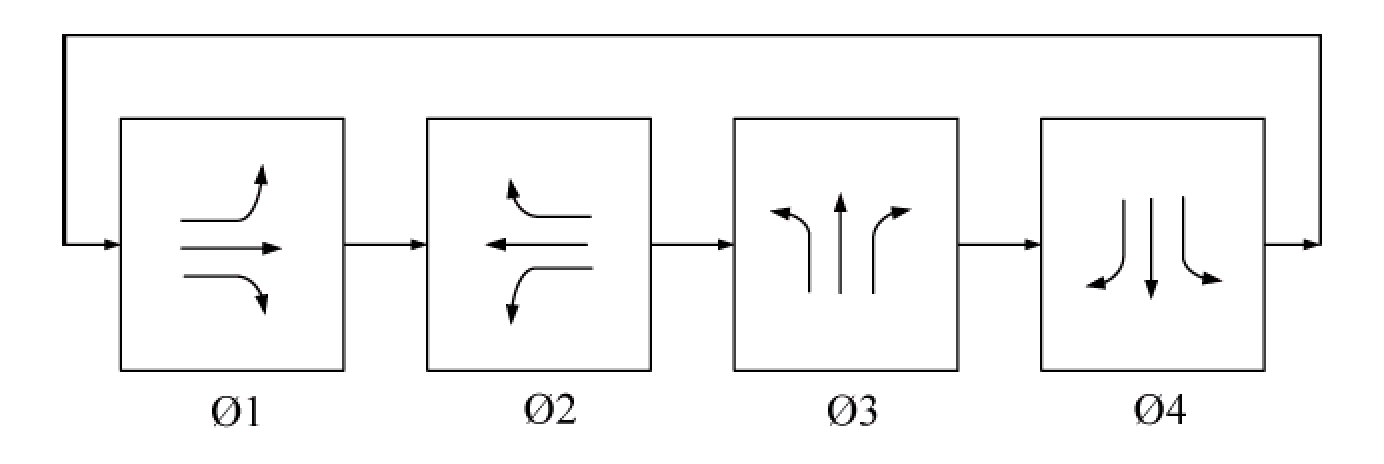


图 4-5　单边轮放的四相位图

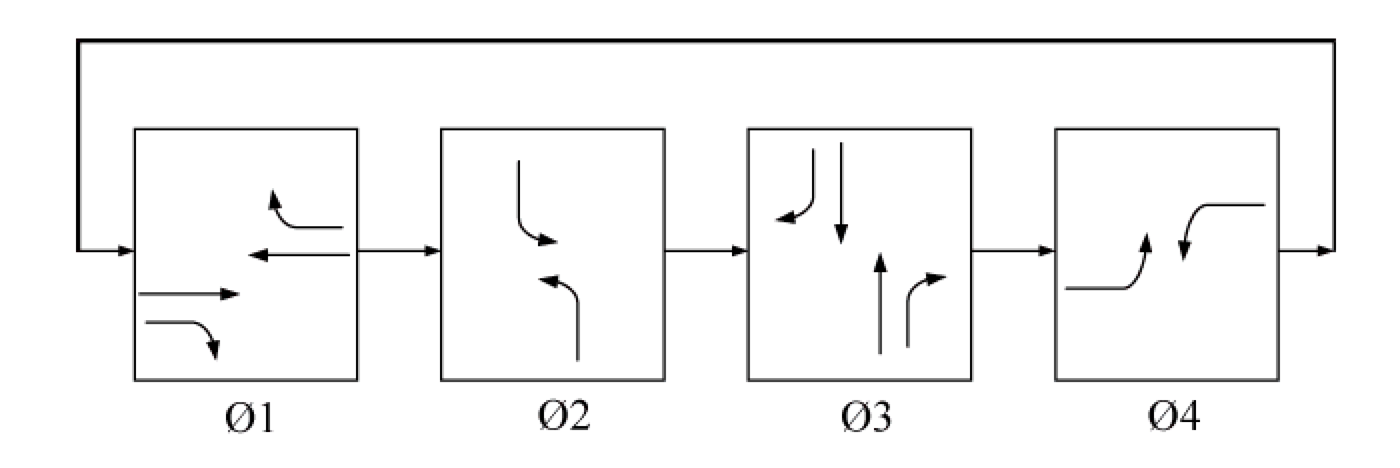


图 4-6　“借道左转”的交叉口的相位方案

具体放行顺序如下：在放行图 4-6 中第 1 相位东西直行方向的车流期间，南北方向的左转车辆进入南北方向的出口道（即借用的左转车道）及正常左转车道待行，待东西方向直行相位绿灯结束后，开始放行南北方向左转相位（图 4-6 中的第 2 相位），此时南北向的直行车流可以进入交叉口直行区等待。在放行南北直行时（图 4-6 中的第 3 相位），东西左转的车辆可以进入对向出口道借道排队，等待到图 4-6 中的第 4 相位通行。

2. 信号配时

“借道左转”交叉口的信号配时要考虑的方面主要有两个，一是各个相位的绿灯时长，这个与交叉口渠化、各转向流量有关，可以根据基本的配时方法进行优化；二是路段开口的绿灯时间的配时，这个是由于“借道左转”所导致的新设置的信号灯，且其配时方案的优劣对交叉口的运行效率有较为直接的影响。

开口处信号灯的绿灯时间长短需要与交叉口本方向的左转相位时间、开口距离二者协调考虑。当高峰期左转车流量较大时，“借道”排队车辆会较多，从而导致交叉口左转相位时间较长，在此情况下，开口处信号灯的绿灯时间也可以相应加长；当开口距离停车线距离越长，为了能够在左转绿灯期间有效清空“借道左转”的车辆，则开口处信号灯的绿灯时间需要比左转绿灯时间提前较长时间结束。

例如，在邯郸的实践中，在统筹考虑直行信号和左转信号长度情况下，以左转信号约 20s 为例，相交道路直行车绿灯相位（本方向红灯）时，允许左转车辆进入“借道”待行区排队。为保证待转车辆 20s 内能全部放空且排队时间充足，那么“借”1 条车道，出口处信号灯的绿灯时间为 20s；“借”2 条车道，出口处信号灯的绿灯时间为 40s。开口处的信号控制实例如图 4-7 所示。交叉口左转时间应不小于 20～24s。开

口处信号灯的设置各城市不尽相同，图 4-8 是济南市某交叉口的设置方式。



(a) 绿灯相位



(b) 红灯相位

图 4-7　隔离带开口处的信号设置



图 4-8　济南市某交叉口借道左转设置方式①

① 图片来自网络 http://www.sdnews.com.cn/sd/jman/2013/10/t20131023_1397353.htm.

4.1.4　特点分析

借道左转为一较为特殊的交通组织方式，近年来开始在我国一些城市的个别交叉口结合交通流特点进行使用，在实际使用过程中，在组织良好的前提下取得了一定的效果，但亦存在一些潜在的问题。

“借道左转”主要有如下方面的优点。

(1) 道路交叉口受制于空间大小的限制，往往可用的道路宽度有限，而从时间上来看，在交叉口有部分出口道在某些时间段处于“闲置”状态，在此情况下，通过时间、空间的优化组织，进一步利用交叉口“闲置”的道路资源，可以提高交叉口的运行效率。通过“借道左转”，使得交叉口进口的左转车道数比传统的渠化方式增加1～2条，在同样的左转相位时长的情况下可以较大地提高左转相位的通行能力，如设置良好，则约为原通行能力的$(N+i)/N$倍，N为原左转车道数，i为所借车道的数量。

(2) 左转车道数的增加有利于在左转总需求不变的情况下减少左转相位的绿灯时间需求，从而在周期长不变的情况下增加直行相位绿灯时间；或者减少周期长度，有利于提高整个交叉口的运行效率。

然而，由于“借道左转”要占用对向出口车道，故亦存在一些潜在的问题。

(1) 潜在的危险冲突：一旦借道左转的车辆未能在左转绿灯时间内全部放行完毕，则会滞留在出口车道内，此为最为危险的情况，造成此情况的原因之一是“借道左转”的借道长度与交叉口左转信号灯配时以及开口处信号灯配时之间的不协调，因此在实际实施过程中必须对此仔细考虑。

(2) 对其他交通方式的影响：需要良好的交通秩序，加强交叉口对行人、非机动车的管理，减少行人、非机动车在交叉口内对左转车辆的干扰。

其他需要考虑的因素：

(1) 驾驶人教育：相对于传统的交叉口左转交通组织方式，“借道左转”交叉口的部分(或全部)左转车辆是借用对向车道行驶，故需要对驾驶人进行相应的教育和引导，尤其在交叉口改造初期，需要有现场人员进行引导和维持秩序，同时要通过多种途径对驾驶人进行教育；

(2) 驾驶人期望：由于“借道左转”与传统交叉口的区别，使得左转车辆的驾驶人在交叉口对通行空间的期望与传统的常识有所区别，故需要在交叉口规划和设计中进行仔细考虑；

(3) 对多种交通方式的考虑：由于“借道左转”与传统交叉口的区别，对行人、自行车的通行也将产生一定的影响，这些影响也需要在规划、设计阶段进行充分的考虑和优化。

4.1.5 适用范围

如前所述,“借道左转”主要适用的道路及交通条件如下:

(1)道路条件:“借道左转”主要适用于双向六车道及以上的城市主干路上的主要交叉口,“借道左转”所在的进口方向的出口道数一般不小于3条车道;

(2)交叉口左转交通流量需求较大的交叉口,即当进口车道条数有限且进口流量较大,在现有的道路渠化条件下无法仅通过信号配时优化来满足交叉口的总需求时,可以考虑采用“借道左转”的交通组织方式;

(3)“借道左转”的方向应当是有专用的左转相位,适合设置的道路一般为十字形或T字形交叉口;

(4)交叉口空间应当能够满足车辆左转弯的需求,在设置“借道左转”后,如果左转车辆的转弯半径过小,容易导致车辆无法正常左转,从而可能引发额外的交通事故等。

因此,对实施借道左转的交叉口,需对借道左转入口处的机动车,交叉口行人、非机动车加强管理。同时,还应做好信号配时方案,选择适当的借道车道长度,保证借道车辆在左转绿灯时间内顺利通过交叉口。做好以上工作,方可最大限度发挥借道左转的效果。

4.1.6 实际效果

目前“借道左转”已经在国内城市的交叉口得到了应用,截至2016年,邯郸市采用“借道左转”的交叉口数已经超过30个,在城市交通管理中发挥着良好的作用。在此以人民路滏东大街东口为例介绍一下“借道左转”交通组织的应用效果。

通行能力的增加:结合交叉口的交通流需求,本交叉口从早上7:30到晚上19:30共12个小时实施“借道左转”的交通组织模式,借用出口车道2条,则根据配时方案,7:30—8:30,17:30—19:30早晚两个高峰共3个小时,2条可变左转道总共可多通行1224~1242辆车,9个小时的平峰期,2条可变左转道总共可多通行2060~2070辆车。

直行车辆流量数据:高峰时间1个信号周期,直行方向可以多通过10~17辆车,3个小时可以多通过680~1173辆车,平峰时间1个信号周期,直行方向可以多通过8~12辆车,9个小时可以多通过1648~2484辆车。直行车通行量增加的原因在于当保持周期长不变的情况下,由于左转车道数的增加使得左转相位的绿灯时间减少,从而直行相位的绿灯时间增加。

交叉口需对四个出入口埋设管线,设置借道左转入口显示屏,施划地面标线,增加隔离护栏等费用,投资约8万元(四个方向)。

4.1.7　国外的发展

目前在美国的部分交叉口有一种称为“移位左转交叉口”(displaced left turn, DLT intersection),DLT 交叉口主要是指交叉口的某个进口方向的左转车道设置在该方向出口车道的左侧,如图 4-9 所示。

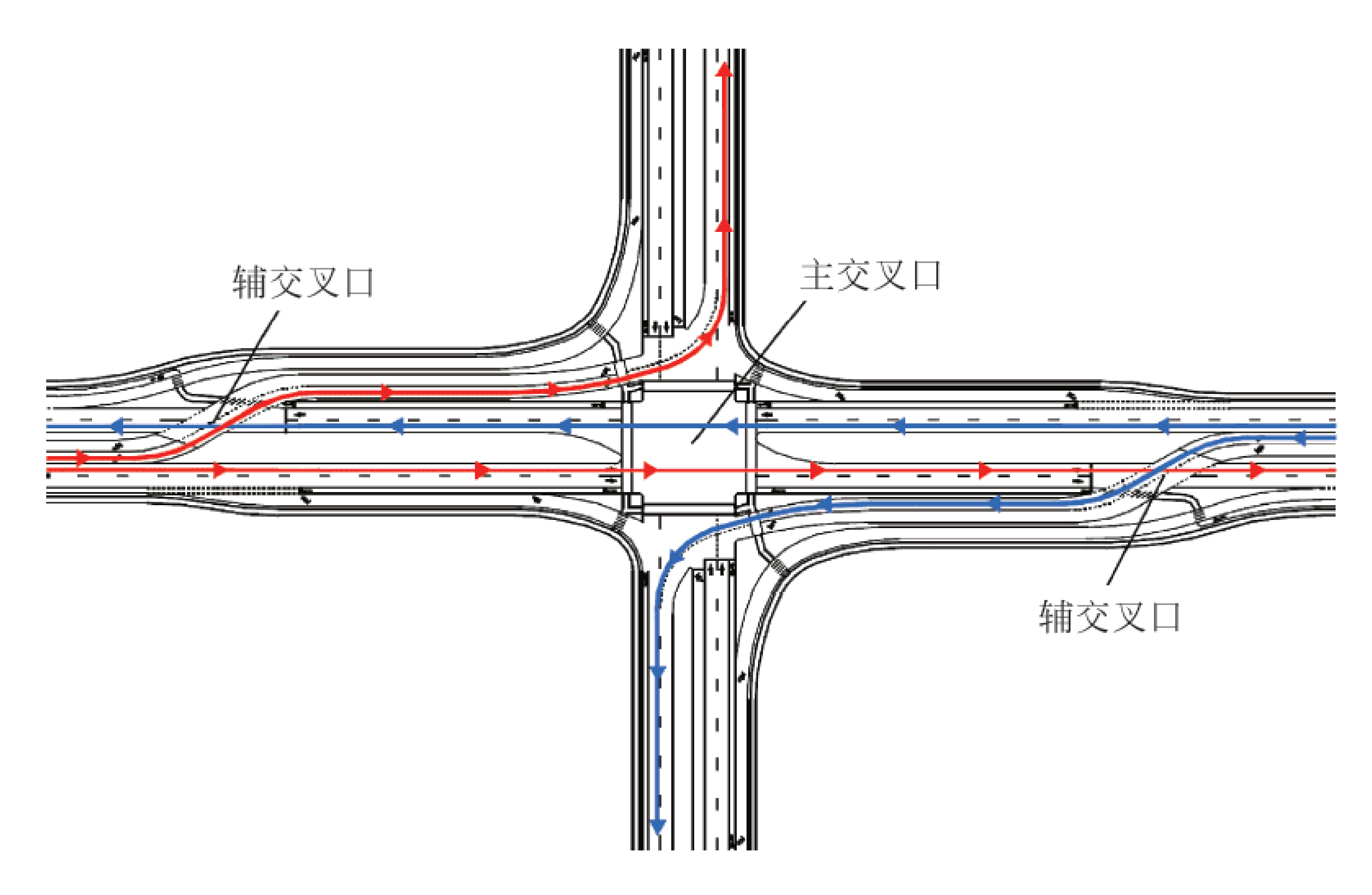


图 4-9　DLT 交叉口交通流向示意图

如图 4-9 所示,在主交叉口要进行左转的车辆,首先要在距离停车线百余米的信号控制点处穿过对向车道。之后左转车辆停在对向车道的左侧,由此左转车辆可以和同方向及对向的直行车辆一起放行,且本方向的左转车辆不会影响到对向直行车辆的运行。需要注意的是主交叉口和辅交叉口(即由于左转车辆需要提前穿过对向车道形成的)的配时需要进行良好的协调。如果一个四路交叉口的四个方向都设置 DLT 车道,则一个信号控制交叉口变为一个主信号控制交叉口加四个辅信号控制交叉口。如图 4-10 为美国目前实施的部分典型 DLT 交叉口。



(a) 四个方向都设置DLT车道的交叉口 (West Valley City,UT)



(b) 主干路设置DLT车道的交叉口 (Baton Rouge, LA)

图 4-10　美国的 DLT 交叉口实例



(c) 主路设置DLT车道的三岔交叉口(Shirley, NY)



(d) 辅交叉口示例(Bangerter Highway/3100 South Intersection in Utah)



(e) 主交叉口示例1(Bangerter Highway/3100 South Intersection in Utah)



(f) 主交叉口示例2(Bangerter Highway/3100 South Intersection in Utah)

图 4-10(续)

典型的四个方向都设置 DLT 车道的四路交叉口如图 4-11 所示。注意在图 4-11 中,所有进口方向的右转车道都进行了单独的渠化,即设置了右转专用车道,且与左转交通流完全分离,故不存在左转交通流与右转交通流的冲突。在实施中,并不一定要设置完全分离的右转车道,可以按照常规的模式设置右转车道,只是会存在左转车流与右转车流的冲突,如图 4-12 所示。

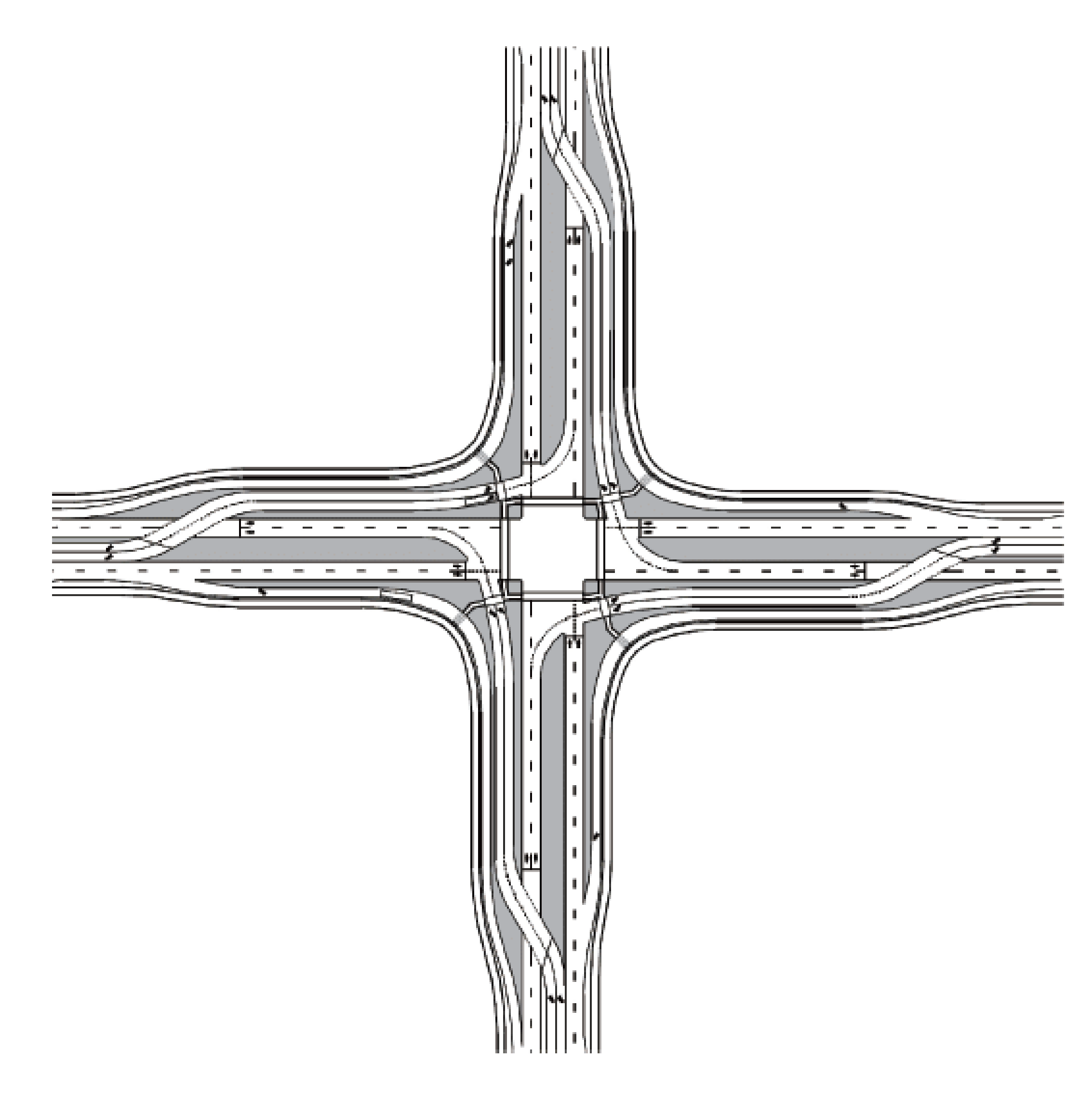


图 4-11 典型的四个方向都设置 DLT 车道的四路交叉口

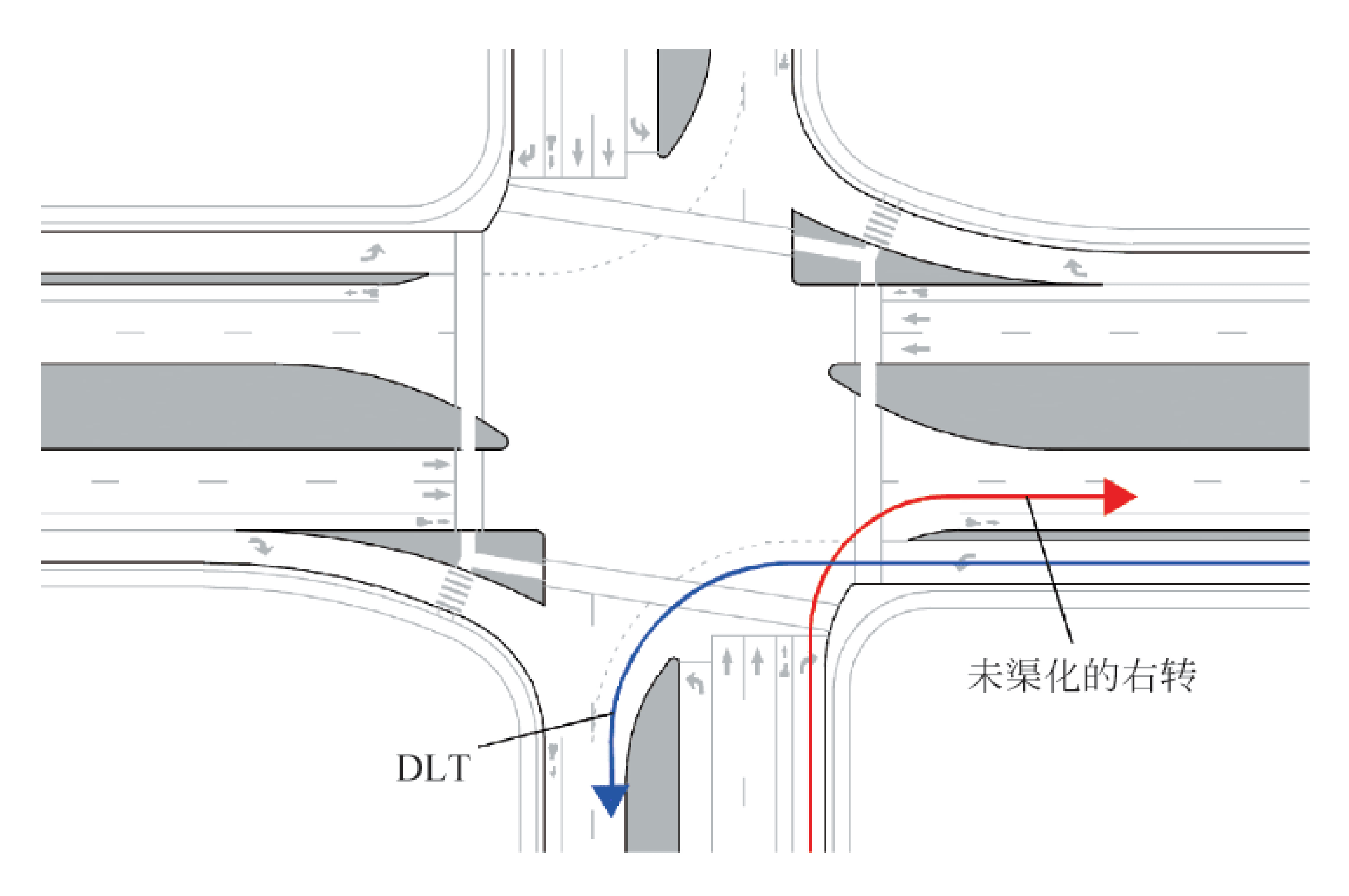


图 4-12　左转车流与右转车流的冲突示意图



4.2　可变导向车道

4.2.1　基本原理

在当前的城市道路交叉口处，一个进口方向的数条车道被划分为直行、左转、右转等转向性质，传统上某条车道一旦被划定为某个转向专用或多转向共用后，短期内（例如一个月内）几乎不会进行调整。而一个交叉口的交通流量不仅总量会随一天中不同的时间发生变化，而且相互间比例也会发生变化，例如早上某进口道的左转与直行流量比是 1∶2，而晚上可能变为 1∶1，由于车道转向性质固定，目前用来适应这些流量比变化的一种方法就是通过信号配时进行调整，但信号配时受制于众多的条件限制，调整范围有限，故在此情况下，近年来开始出现使用交叉口可变导向车道的方式来适应这种流量不均衡的状况。

信号控制交叉口进口道的可变导向车道是指信号控制交叉口某进口方向的某条车道的车辆通行方向是可变的，即通过在车道上方应用可变的车道性质指示标志，在一天中的不同时间段，该车道可以通行的车流流向是可变的。例如，对于某交叉口的某个进口方向有五条进口车道，设置为两条左转车道、两条直行车道和一条右转车道，根据流量需要，可以将两条直行车道中左侧的一条设置为可变车道，在左转流量远大于直行流量时，该车道变为左转车道，即三条左转车道、一条直行车道，当然也可以做相反的变化。

某进口方向在使用可变车道的时候（如将某条直行车道改为左转车道，从而有三条左转车道）需要注意以下几点：

（1）转弯半径要保证三条左转车道并排转弯；

(2) 该进口方向的左侧方向出口要有相应的至少三条车道;

(3) 左转车流与其对向直行车辆尽量不要同时放行;

(4) 除了临近交叉口时车道上方悬挂可变车道标志外,最好在交叉口上游距该标志一定距离的地方给予相应的提示,例如可在设置可变车道的交叉口上游80～160m的地方设置两次标志提示;

(5) 车道变化的周期问题:路段上的可变车道(通常指潮汐车道)的流向变化通常以数小时为变化周期,甚至一天只调整一次,而信号控制交叉口可变车道的采用是为了适应实时变化的不同转向的交通流量,因此可能需要以数分钟为单位进行变化,但是又不能太短,太短会导致驾驶人的适应问题,从而引起安全问题。

(6) 在各车道距离交叉口停车线一定距离位置上设置检测器将更加有利于可变车道的使用。

信号控制交叉口可变车道的优势在于可以根据交通流的实际变化情况更加充分地利用信号控制交叉口的空间和时间资源,从而均衡了不同流向车道的交通压力,减少某流向的排队长度和交叉口通行车辆的平均延误。

信号控制交叉口进口道的可变导向车道控制在国外部分城市已有应用,而国内目前在北京、杭州、上海等一些城市的交叉口有所应用,且近年来有不断增加应用的案例。

4.2.2 可变导向车道标志

对于可变导向车道而言,车道上方的可变导向车道标志是必不可少的交通标志。目前来看,可变导向车道标志常用的两种模式为机械式和LED式。

机械式可变车道行驶方向标志,采用卷幅或翻板等机械结构变换标志图案。其优点是能基本保持与车道行驶方向标志样式一致,并在断电情况下仍能显示标志图案;缺点是自身重量较大,对标志杆要求较高,基础成本高,加之机械结构长期置于户外,工作环境较差,容易产生故障。

LED式可变导向车道标志是目前应用较为广泛的形式,采用白色LED(发光二极管)显示标志图案。其优点是成本较低,控制技术可靠,自重较轻,对标志杆要求较机械式小;缺点是LED标志图案醒目,容易使车辆驾驶人忽略其他标志,而且LED式标志停电时无法显示任何图案,可能会影响到使用情况。

根据标志组合方式的不同,可变车道行驶方向标志与其他标志的组合还可以分为分散式和集中式两种。

分散式可变车道标志一般安装在龙门架上,与车道一一对应,便于驾驶人识别,比较适合于多车道中的可变导向车道,但成本相对较高,如图4-13所示。图中第三条车道指示标志为LED显示标志,可随流量不同显示直行或左转指示。

集中式可变车道标志是指将可变导向车道标志与其他车道标志一起安装在悬臂立柱上。适用于车道数量较少的交叉口，其成本较分散式的低，但是由于未能与车道一一对应，往往造成驾驶人辨识标志时间增加，有时可能影响可变导向车道的实施效果，如图 4-14 所示。



图 4-13　武汉某交叉口可变导向车道标志①



图 4-14　扬州某交叉口可变导向车道标志②

可变导向车道标志根据道路进口道渠化段的长短不同，可以设置 1 处或者多处，起到反复提示作用，避免驾驶人错过车道标志信息而不能及时调整所行驶的车道。

4.2.3　可变车道地面标线

在新版的《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)中，已经对可变导向车道标线进行了规定，如图 4-15 所示。

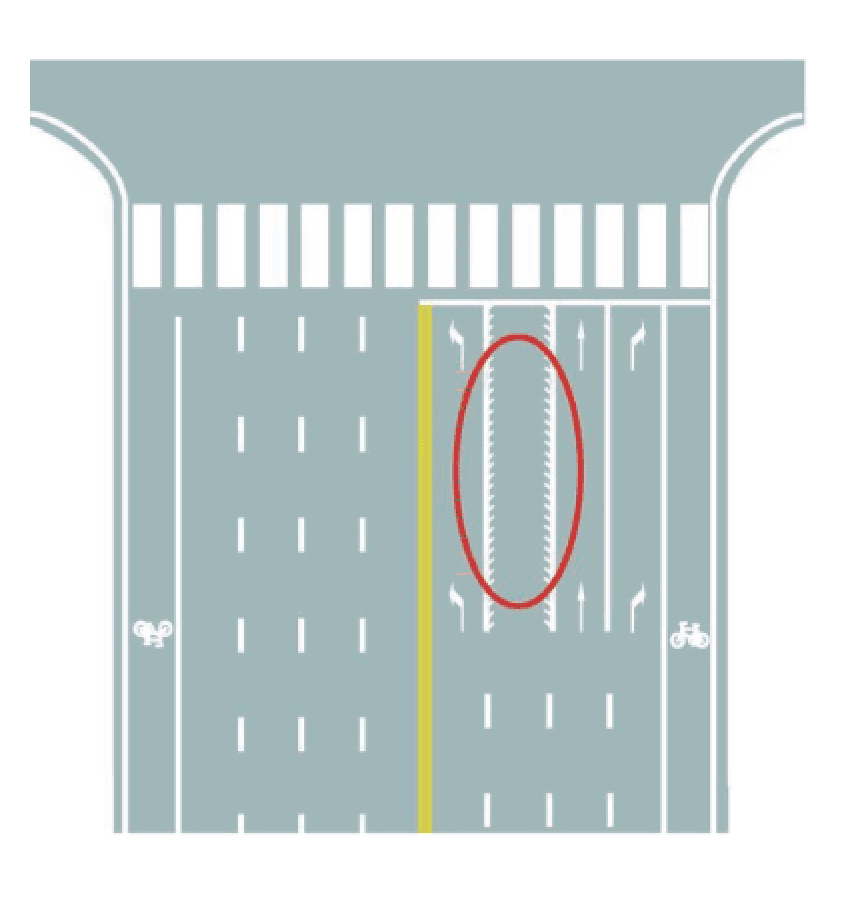




图 4-15　可变导向车道标线的规定及应用实例

① 图片来自网络 http://hb. ce. cn/syjdt/201312/24/t20131224_1271135. shtml.

② 图片来自网络 http://jsnew2. jschina com. cn/system/2013/09/13/018584783. shtml.

有时为提高驾驶人对可变车道的视认性，也会在实施可变导向车道的上游路段设置文字式的辅助标志牌，如图 4-16 所示。根据标志牌立杆的大小，有时辅助标志牌也可以安装在可变导向车道标志牌的立杆上，用于提示驾驶人按照导向车道指示的车道方向通行。





图 4-16　可变导向车道的提示信息

4.2.4　设置条件

交叉口可变导向车道的设置需要一定的客观条件，通常需要考虑交叉口几何条件、交通流状况、信号配时等条件。

1. 交叉口几何条件

(1) 在设置可变导向车道的进口方向要求至少有 4 条进口车道，以便保证左转、直行、右转车辆都能够顺利放行，并留有余地供可变导向车道进行车道行驶流向的变化；而如果交叉口几何条件受限，在交通量大而车道数不足的情况下设置可变导向车道，则可能会引起新的问题。

(2) 交叉口所连接的路段长度较长。

(3) 调整某个车流方向的导向车道数量后，调整后的车道数应当等于或小于对应的出口车道的数量。

2. 交通流条件

是否设置可变导向车道及如何设置可变导向车道主要受到某进口方向各转向(左转、直行、右转)流量之间的比例，还会受到对向进口方向各转向流量比例的影响。

对于某进口方向而言，当该进口方向的左转车流量开始增大，左转车道通行能力无法满足交通需求，而此时直行车道尚有富余通行能力，在调整信号配时也无法满足左转车辆需求的前提下，可以采用将一条或两条直行车道改为左转车道，之后再通过调整配时方案来进行优化。

需要注意的是，虽然目前常用的可变导向车道往往是在直行与左转之间进行变化，但并非一定局限在直行左转之间的变化，个别城市路况也有在直行右转之间进行变化。例如一条车道可用作右转车道或直右车道。

3. 信号配时条件

交叉口的信号配时要求如下：要求交叉口在设置可变导向车道的进口方向必须具备两相位，即左转与直行分开的相位设置。

4.2.5　其他事项

可变导向车道的设置主要是为了与信号控制相配合，实现交叉口时空资源的优化分配，从而满足交叉口的交通流需求，而现实中的交通流需求变化频繁，故有时为了支撑可变导向车道的设置会考虑进行相应的检测器的布设。通过检测器获得的实时交通流的变化情况来决定可变车道的类型。

（主笔：邯郸市公安局交通警察支队　李学军，清华大学　李瑞敏）



STEYN H. Displaced Left Turn Informational Guide[R]. 2014.

第5章

干线协调控制

 5.1 基本原理

5.1.1 基本概念

干线协调控制通常是指车辆沿某条主干路按一定的行车速度行进的过程中，连续得到一个接一个的绿灯放行信号，畅通无阻地连续通过沿途所有交叉口的一种信号控制方式，这种连续绿灯信号“波”是经过沿线各交叉口信号配时精心协调实现的。因为这种“一路绿波”的控制效果，干线协调控制又称为“绿波”控制。

5.1.2 控制参数

干线协调控制的主要参数包括周期时长、绿信比、相位差等。

1. 周期时长

一般来说，干线协调控制中为了让沿线所有交叉口的信号取得协调，要求各交叉口的周期时长必须相等或成整数倍关系。因此在进行干线协调控制之前，必须对单个交叉口的信号配时进行优化，确定各交叉口的最佳周期时长，然后从中选择最大的周期时长作为干线协调控制的公共周期时长，也就是说此干道沿线所有交叉口信号都将统一采用此周期时长或与此周期时长成整数倍关系。周期时长最大的交叉口也称为关键交叉口。当前随着对干线协调控制算法研究的不断深入，在

一些交通量差异较大的主干路上，允许交通负荷度较小的交叉口采用公共周期时长的一半，以保证交叉口的信号控制效率，这样的交叉口称为双周期交叉口。

2. 绿信比

在干线协调控制中，各交叉口不同相位的绿信比是根据交叉口自身各流向交通流的流量比来确定的，因此各交叉口的绿信比并不一定相同。

3. 相位差

相位差是指在进行干线协调控制的车流方向上，相邻两个交叉口绿灯信号启亮的时间差，也称时差。根据参考的时间基准不同，又分为绝对相位差和相对相位差。

所谓绝对相位差，是指各交叉口信号的绿灯（或红灯）的起点相对于某一个标准交叉口（如关键交叉口）信号的绿灯（或红灯）起点的时间差。而相对相位差则是指相邻两个交叉口信号的绿灯（或红灯）起点之间的时间差。

相位差直接决定干线协调控制的有效性，是协调控制的关键参数，也是协调控制设计计算的重点。显然，相位差的计算与行车速度有关，在实际的交通控制中，各交叉口之间平均行驶速度并非一致，因此，用相对相位差来理解干线协调控制的原理会更简单直观一些。

5.1.3　时距图

干线协调控制的信号配时与交叉口间距之间的关系通常以时距图来描述。时距图可以直观地将车辆的空间位置表达为关于时间的函数曲线。通常将距离设为纵轴，时间设为横轴，也可以相反。图 5-1 是一个具有 4 个交叉口的干线协调控制方案的时距图。图中显示了一辆以恒定速度向北行驶的车辆连续通过这 4 个交叉口的时空轨迹线。

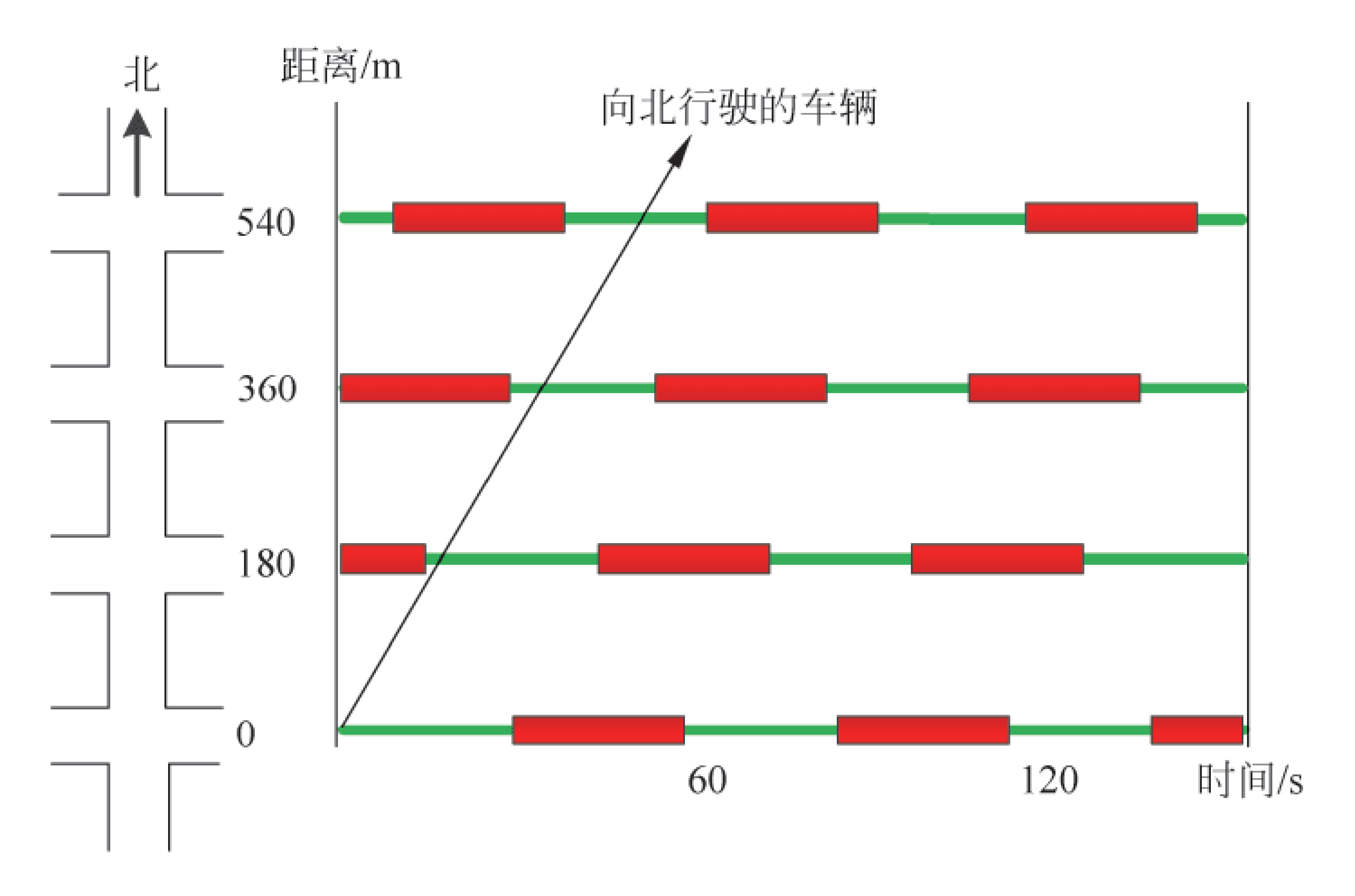


图 5-1　干线协调控制时距图

1. 通过带

在时距图上画两条平行的车辆行驶轨迹，并尽可能使这两个轨迹分别接近各交叉口信号绿灯时间的启亮时刻和结束时刻，则图中这两条轨迹之间的空间范围称为通过带。通过带的意义在于：无论在哪个交叉口，只要车辆在通过带内的任意时刻到达，并以该轨迹线斜率的速度行驶，就可以顺利通过后续各交叉口而不会因遇到红灯而停车。

2. 通过带速度

时距图中两条平行轨迹的斜率就是通过带速度。它表示沿主干路方向可以顺利通过各交叉口的车辆平均行驶速度。通过带速度通常作为干线协调控制的一个约束条件存在，通常所说的协调控制设计速度即通过带速度。

3. 通过带宽度

时距图中两条平行轨迹的横坐标之差即为通过带宽度，表示可供车辆使用的通过交叉口的时间。通过带的宽度越大就越能提供机会让更多车辆连续通过协调控制的多个交叉口，控制效率就越高，因此通过带宽度在一定程度上反映了主干路的连续通过能力。但是，一般来讲，要使主干路上行和下行双向都实现高通过带宽度是很困难的。

通过带宽度在干线协调控制中作为一个控制目标存在，即在设计协调控制方案时，尽量保证通过带宽度最大，经典的 MAXBAND 算法就是根据这一思想设计的。

5.1.4 控制方式

干线协调控制按控制的实施目的、周期约束条件等可以分为优先式协调控制、同步式协调控制、交互式协调控制和均衡式协调控制等。

优先式协调控制一般针对“潮汐”交通流，优先让重交通流方向获得较大的通过带宽，从而提升道路的通行能力。

同步式协调控制应用在交叉口距离比较接近，或相邻的两个交叉口由同一台信号机控制时，可以让这些交叉口在同一时刻显示相同的信号灯色，从而实现简单的协调控制。

交互式协调控制应用在流量差异较大的交叉口，低流量交叉口的信号周期是关键交叉口的一半或与之成整数倍关系的时候，可以兼顾低流量交叉口的通行效率。

均衡式协调控制是比较常见的方式，适用于主干路上下行流量相差不大，且路段间距长短不一的情况，这种情况下根据实际的交通流量调整通过带宽以获得最优的协调控制效果。

如果以主干路交叉口之间的控制关系来划分，干线协调控制可以分为简单式协调控制、分段式协调控制和全路段式协调控制。

简单式协调控制只考虑相邻的 2～3 个交叉口的不停车问题，这种方式实现起

来比较简单，可以解决主干路局部性的通行效率问题。在下游路段通过能力不匹配的路网条件中，可以采用这种协调控制方式进行局部交通疏导。

分段式协调控制是指主干路需要进行协调控制的交叉口数量较多(5 个以上)，而且其中存在饱和或过饱和交叉口，可以饱和交叉口为分界，以疏导饱和交叉口的车流为目的，实现分段式协调控制。

全路段式协调控制将主干路所有交叉口统一考虑，中间不间断，实现单向或双向的不停车通过。

5.1.5　基本特点

从整个控制效果来看，干线协调控制通常以提升主干路的通行效率为控制目标，减少主干路的停车次数，保障主干路的通畅，因此对主干路的交通疏导将起到积极的作用。当主干路的车流量比较大，需要进行快速疏导的时候(如上下班高峰期)，协调控制的整体效益将会显现。由于在进行干线协调控制的设计时，通常会压缩次干路或支路的绿灯时间比，以保证主干路获得最大的通过带宽，因此主干路的通行效率在一定程度上是通过牺牲次干路或支路的效益获得的。

从各交叉口的控制效果来看，进行干线协调控制的时候把关键交叉口的信号周期时长设为公共周期时长，这样可以保证关键交叉口的通行效率，使得整条主干路的车辆运行不至于存在瓶颈。但其他非关键交叉口的周期或多或少被扩大了，交叉口的控制延误会增加，严重的情况可能会造成次干路或支路的拥堵。

总的来说，干线协调控制通过牺牲次干路或支路的效益来达到主干路畅通的目的，有利有弊，因此应在设计阶段权衡好各方利益。



5.2　适用条件

干线协调控制虽然能够有效地提升主干路的通行效率，是交通快速疏导的“利器”之一，但并不是所有的主干路都适合采用干线协调控制，干线协调控制的应用有一定的适用条件。

1. 道路网络条件

道路网络的空间分布是交通信号协调控制的首要考虑因素。

首先观察目标路段在道路网络中的地理位置及其在交通流分配中的地位，干线协调控制优先考虑路网中的主干道路及重要的通勤道路。目标路段应没有规划路内停车，路内、路侧干扰小，道路平整，视野开阔，安全速度大于 30km/h。

其次观察目标路段上下游的交通疏导能力，因为实现干线协调控制之后，会将车流快速地引导至路段的上游或下游(视协调方向而定)，因此要求上下游交叉口/路段能够快速疏散聚集的交通流，不至于形成新的拥堵点，否则干线协调控制只是将拥堵点往上游或下游迁移，不能真正解决交通拥堵问题。

最后,目标路段的交叉口间距要适中,一般要求不大于1000m,交叉口的间距过大,车队在行进过程中逐渐变得离散,影响下游交叉口的信号放行效率。此外交叉口间距越大,路段中车辆可能受到的干扰也越大,可能会偏离设计速度,赶不上"绿波"。

2. 流量条件

实施干线协调控制的主干路及其相交道路的流量条件决定了协调控制效果的好坏,因此并不是在任何情况下实施干线协调控制都能够取得快速疏导交通的预期效果。

首先,主干路的流量一般要求不大于饱和流量的85%。若主干路交通量过大,每个信号周期在交叉口前排队的车辆数过多,则大部分绿灯时间都被用来清空交叉口排队,上游到达的车辆可利用绿灯时间减少,通过带宽变窄,上游疏导过来的车辆会被截留,达不到"绿波"的效果。

其次,主干路与支路的流量差异要尽量大,相差1倍以上协调控制的效果尤佳。支路的流量小,可以为主干路争取更多的绿灯时间,从而增加通过带宽。若支路的流量也比较大,则支路的控制延误会明显增加,导致协调控制的整体效益下降。

最后,主干路上各交叉口的转入和转出交通流量不能过大。转出交通流会削弱车队的整体性,车队间产生大量空隙,从而影响信号协调控制的效果;另外,左转车流会影响对面直行车队的运行,给信号协调控制带来更大的问题。而转入主干路的交通量,会因进入的时刻与信号相位差不匹配而遇上红灯信号,被截留在交叉口前排队,从而影响下一周期的信号放行效果。因此,转入的交通流量越大,协调控制的效果也越差。

此外,主干路上的交通流组成不能过于复杂,最好不是机非混行交通流,理由是非机动车对机动车的正常行驶干扰较大,容易导致机动车偏离协调控制的设计速度。

3. 车速条件

车速是干线协调控制设计的关键因素,如果在方案的设计阶段,车速值确定得不合适,则难以达到良好的实际控制效果,甚至导致协调控制的失败。车辆在路段上行驶,速度千差万别,但就整个车流来看,其平均车速的波动范围是有限的。因此,在进行干线协调控制时,设计速度取路段的空间平均速度。设计速度应该在道路的限速范围之内,同时应该不低于该路段大多数驾驶人的"期望车速",根据经验,期望车速一般在20km/h以上。

在设计"绿波"方案时,沿整条控制路线,不一定始终采用同一个设计车速,而是应该根据每一路段具体情况分别选用合适的车速,尤其在全线各段交通情况差异很大时更应如此。

4. 信号控制机硬件条件

干线协调控制需要由信号控制机掌握的参数作为各交叉口间的相位差。要保证这一时间差的稳定性,交叉口各信号机的时钟(内部计时器)必须一致,因此要求

进行干线协调控制的交叉口的信号控制机最好能够统一联网，接受中央控制系统的统一校时以保证时间基准一致，并且这种校时操作会定期进行，以保证信号控制机的时钟不会跑偏而影响协调控制的效果。若信号控制机未能联网，最好也能够采用 GPS 自动定时校时。



5.3　控制效益

干线协调控制的主要效益是提高了主干路的服务水平，主要体现在停车次数的减少和延误的降低两个方面。从获取评估参数的可操作性来考虑，在进行干线协调控制设计时，一般取停车次数最小作为控制目标。

干线协调控制的另外一个有益效果是主干路的交通流更加顺畅，车辆可以整体保持较高的行驶速度，道路容量更高。主干路实现协调控制之后，其实是鼓励驾驶人按照建议的速度行驶，这样可以尽量避免遇到红灯信号而受阻，相反不按建议速度行驶的驾驶人将会频繁遇上红灯。当驾驶人习惯道路的速度限制后，会趋向于采用建议速度行驶，道路速度趋向统一。与车辆速度差异明显的交通流相比，速度统一的车流发生交通冲突和追尾事故的可能性更小，具有更高的交通安全性能，并能够实现节约燃油消耗和减少空气污染的目的。因此，干线协调控制可以有效地提升道路系统的安全性。

此外，干线协调控制可以让车辆以排列紧凑的车队形式连续不停车地通过若干个交叉口，大大提升了道路的使用效率。交叉口良好的信号协调，还可以减少交叉口前的排队车辆，防止交叉口因排队过长而导致“回溢”情况的发生，影响上游交叉口的运行，进而影响周边道路的交通运行。因此，干线协调控制可以有效地进行交通疏导，避免大规模交通拥堵的发生。



5.4　实践案例

5.4.1　广州大道北干线信号协调控制案例

1. 概况

广州大道北位于广州市白云区，是一条城市主干路，呈南北走向，双向六至八车道，中间设有绿化分隔带。广州大道北交通流量较大，早晚高峰交通流“潮汐”现象明显，早高峰以北往南方向进城车辆为主，晚高峰以南往北出城车辆为主。平峰时段南北方向车流量比较平均，但其作为广州市的一条重要干道，连通的天河区和番禺区分别是重要的商业中心和密集楼盘区，平峰时段（10：00—16：00）交通流量仍然较大。

本次选用广州大道北平峰时段的协调方案作为干线信号协调控制的案例，协

调路段从广州大道北—怡新路交叉口至广州大道北—同泰路交叉口，共10个交叉口。其中1个十字形交叉口(梅园路交叉口)，2个行人过街交叉口(麦地村交叉口、同和街交叉口)，7个T形交叉口(怡新路交叉口、东兴二街交叉口、京溪路交叉口、157医院交叉口、同沙路交叉口、国防技校交叉口、同泰路交叉口)，如图5-2所示。



图5-2　广州大道北路网结构图

广州大道北南往北方向怡新路至157医院路段6个交叉口的平均间距约260m，同沙路至同泰路4个交叉口的平均间距约240m，路段较近的交叉口间距，保证了协调方向车队行驶的连续性。大道中央设有绿化带，减少了对向车流的干扰；大道两侧设有栅栏隔离，防止行人和非机动车进入机动车道，减少了非机动车及行人对机动车的干扰。

本次干线协调控制方案的调研设计工作于2014年3月20日全部完成，通过广州市交警支队的悉尼自适应交通控制系统(Sydney Coordinated Adaptive Traffic System，SCATS)下发控制方案，并进行试运行，于2014年4月9日完成最后的运行效果评估并验收。目前，该协调控制方案根据交通流变化情况进行了数次微调，路段交通秩序良好。

2. 交叉口基本现状

1) 交叉口基础情况

信号控制所关注的交叉口的基础情况包括：交叉口类型、车道划分、交叉口渠

化、行人过街、交通灯组类型等。图 5-3～图 5-12 是广州大道北拟进行协调控制的 10 个交叉口的基础情况示意图。图中箭头表示车道功能，箭头个数表示车道数，箭头按交叉口车道实际划分情况排列。双箭头虚线表示行人过街通道（人行横道），其上标示的数字为该通道的长度；弧形虚线框为左转待行区；图中交通灯组按灯内图案可分为机动车信号灯、方向指示信号灯、调头信号灯等，交通灯组前的红色数字为灯组编号；绿色粗线条为道路中央绿化带，带圆圈的线条表示道路中央采用栅栏分隔，绿色小方块为交叉口渠化岛。

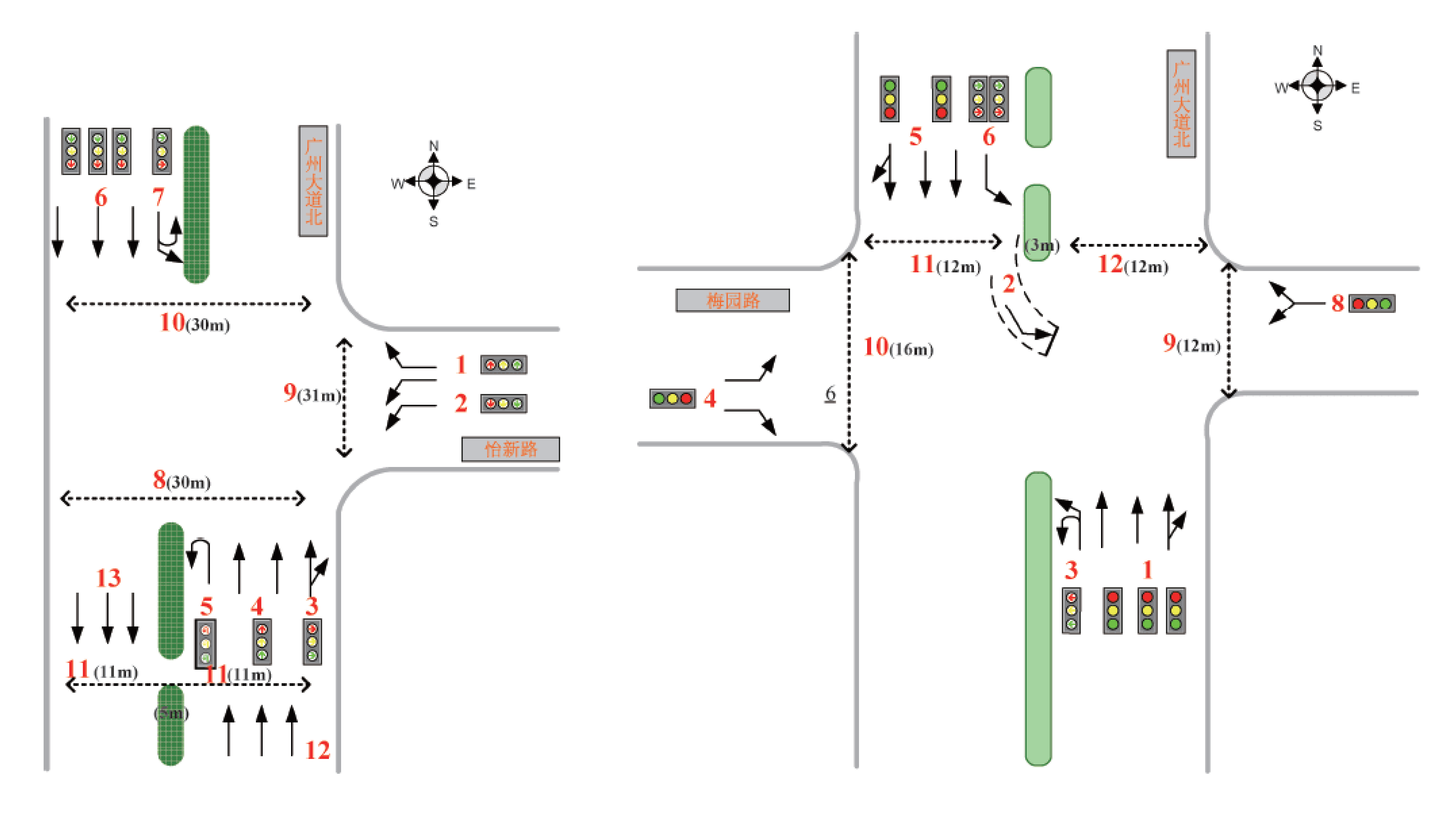


图 5-3 广州大道北—怡新路交叉口

图 5-4 广州大道北—梅园路交叉口

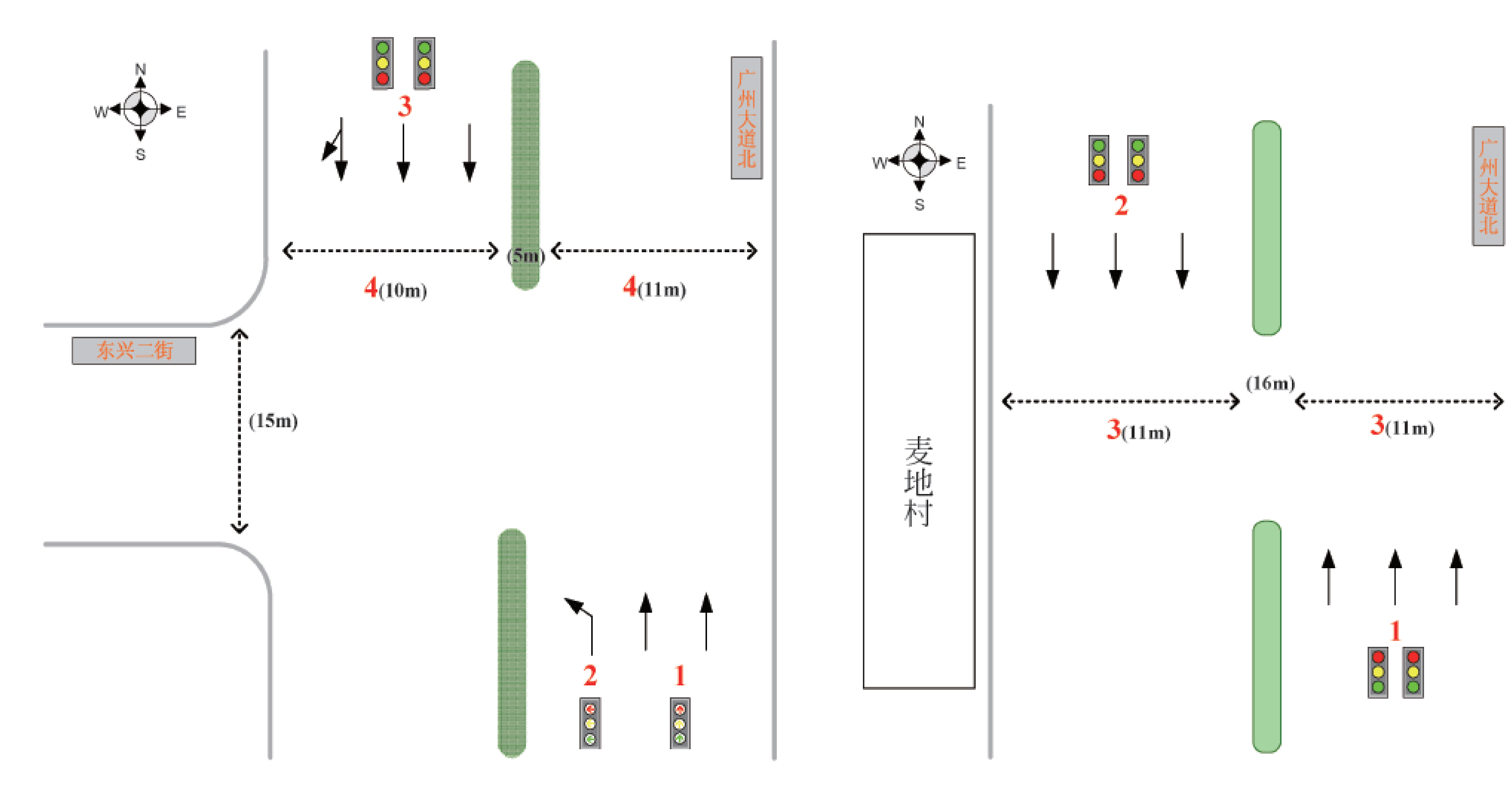


图 5-5 广州大道北—东兴二街交叉口

图 5-6 广州大道北—麦地村交叉口

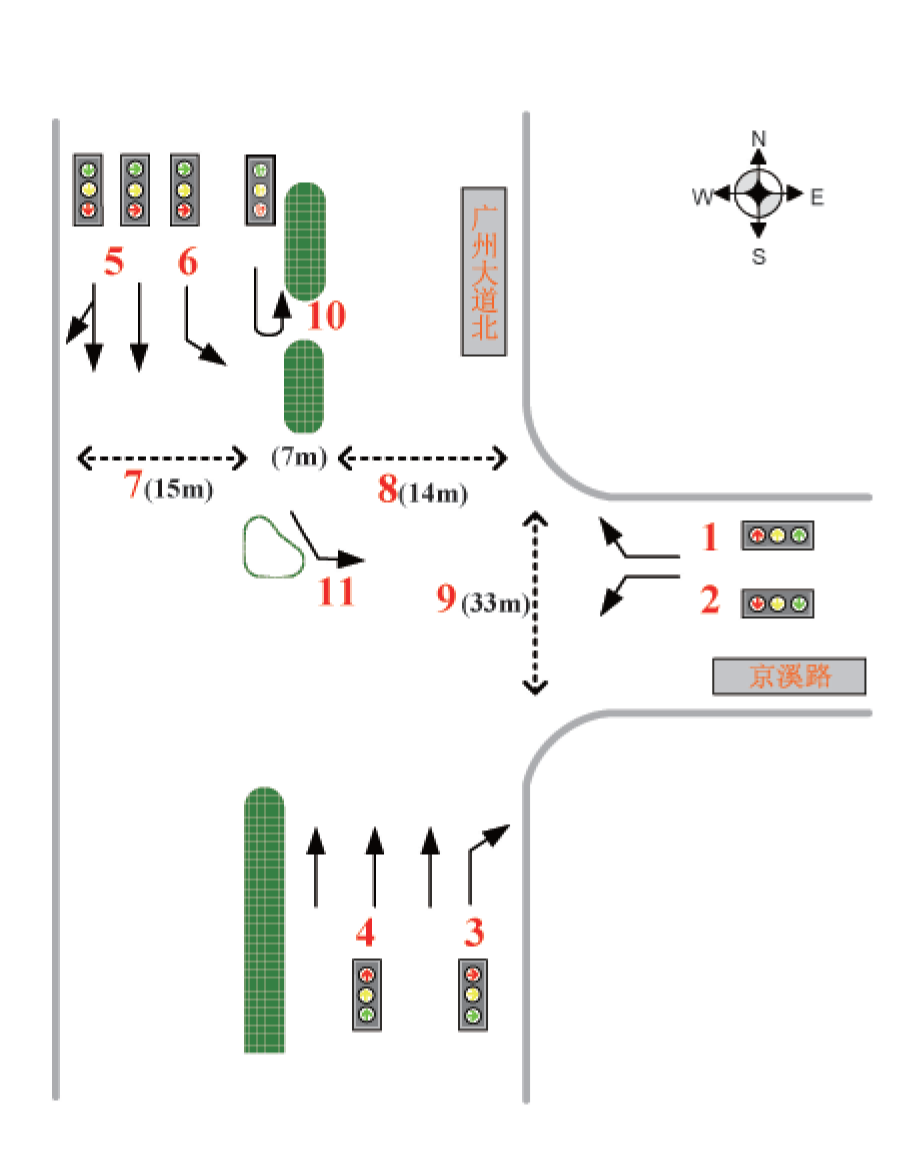


图 5-7　广州大道北—京溪路交叉口

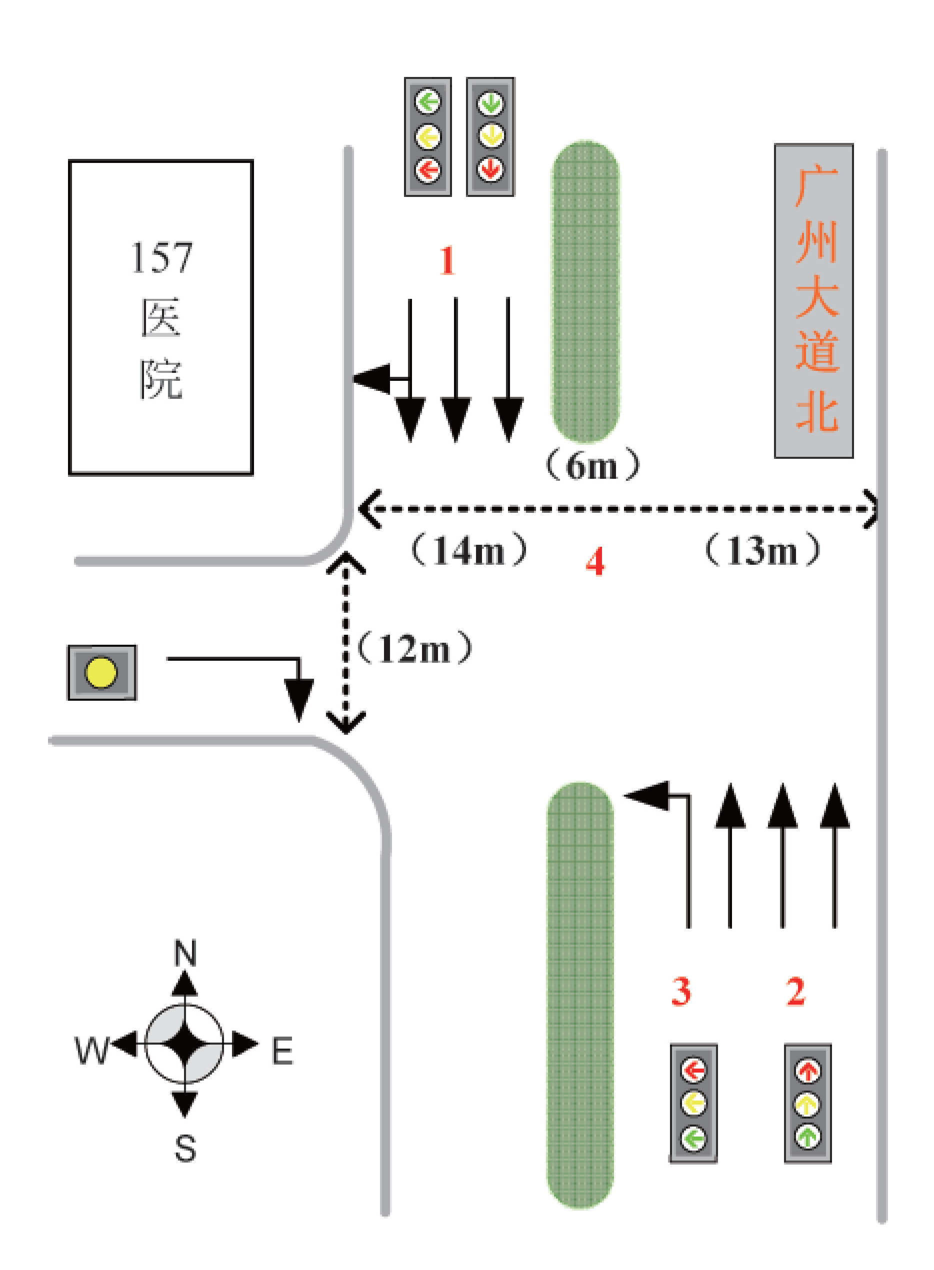


图 5-8　广州大道北—157 医院交叉口

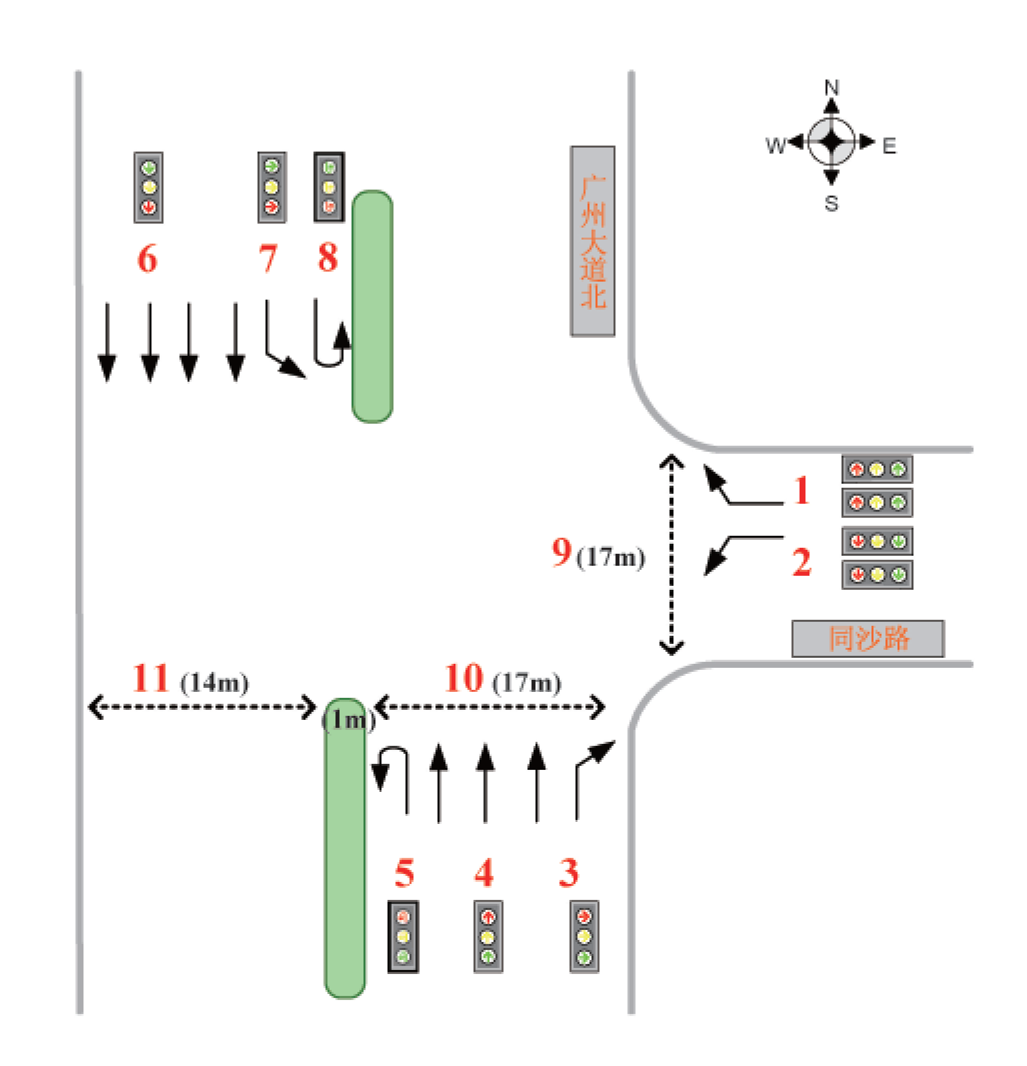


图 5-9　广州大道北—同沙路交叉口

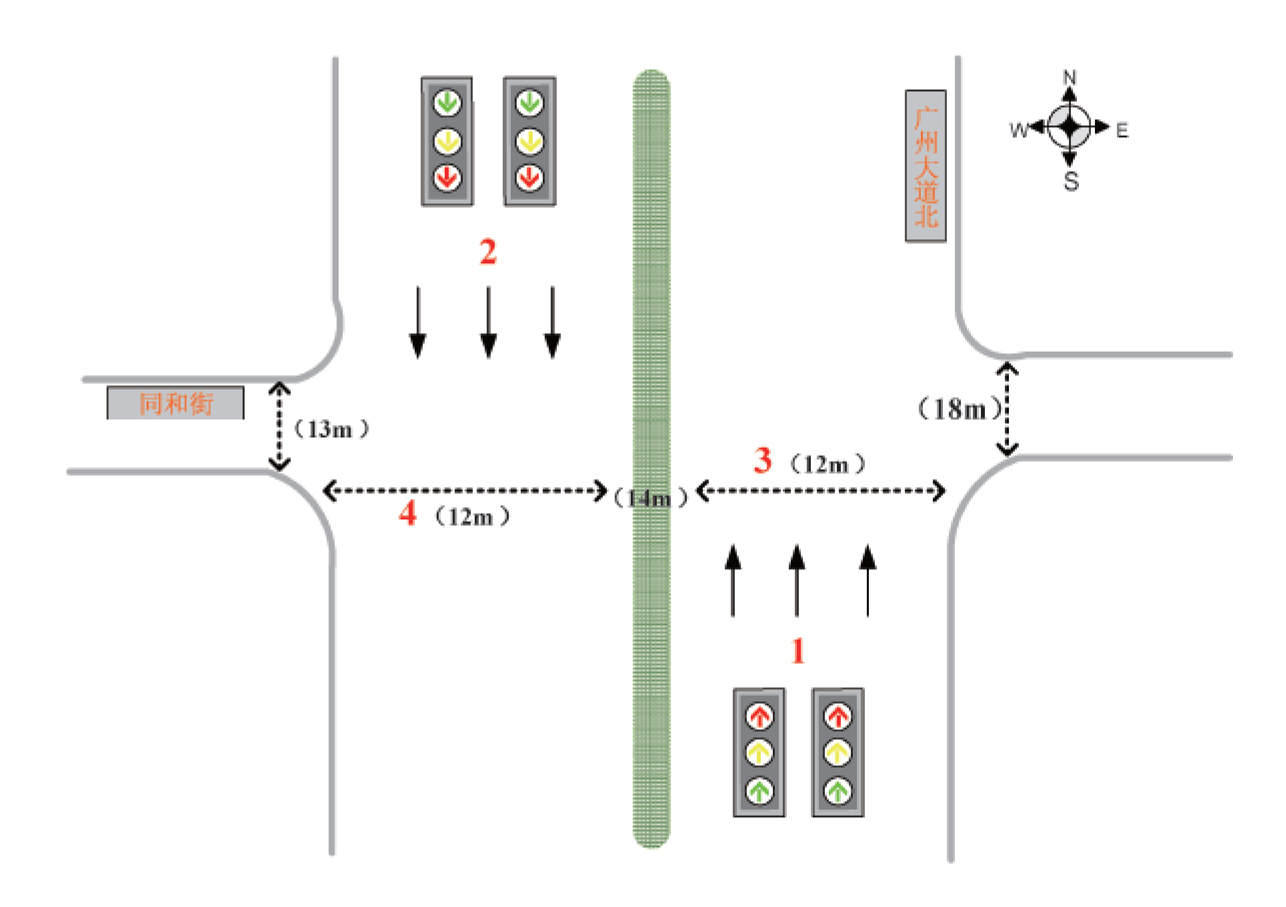


图 5-10　广州大道北—同和街交叉口

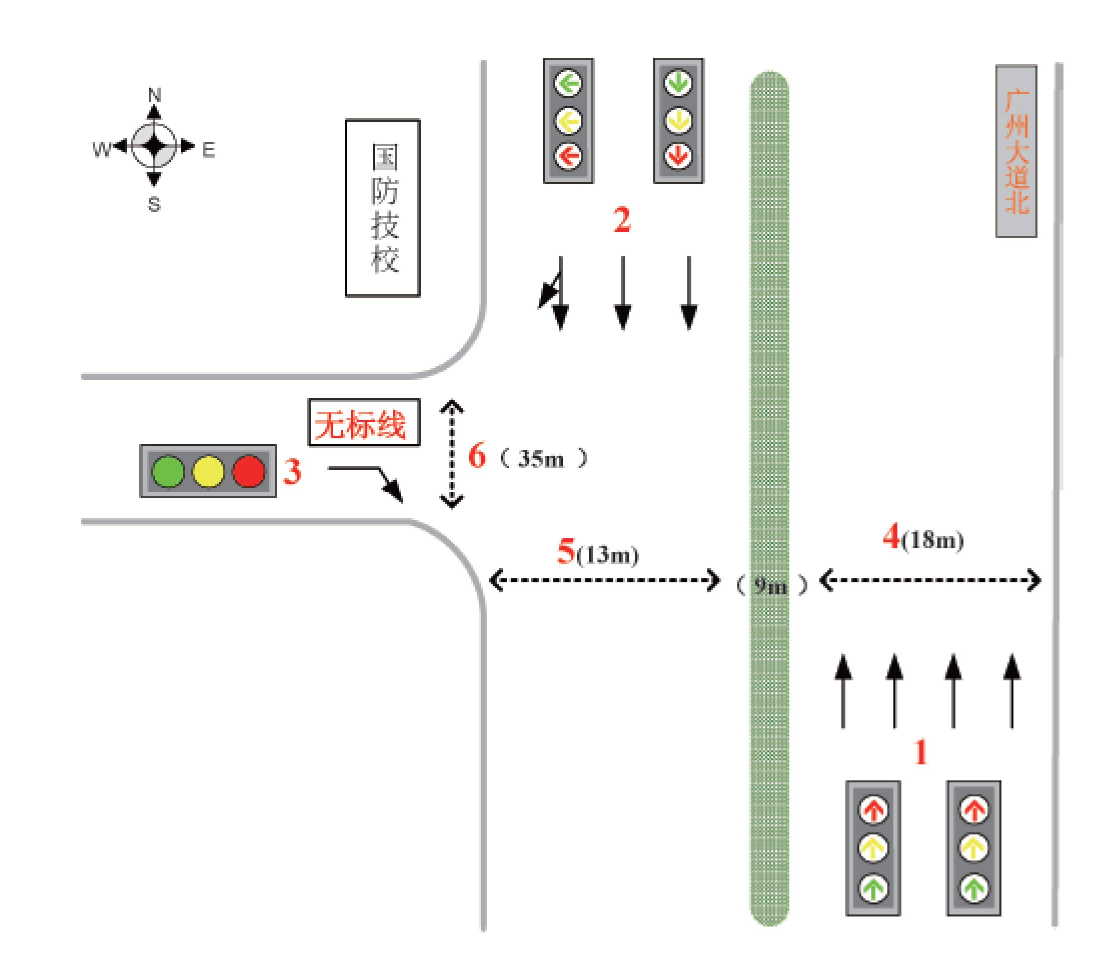


图 5-11　广州大道北—国防技校交叉口

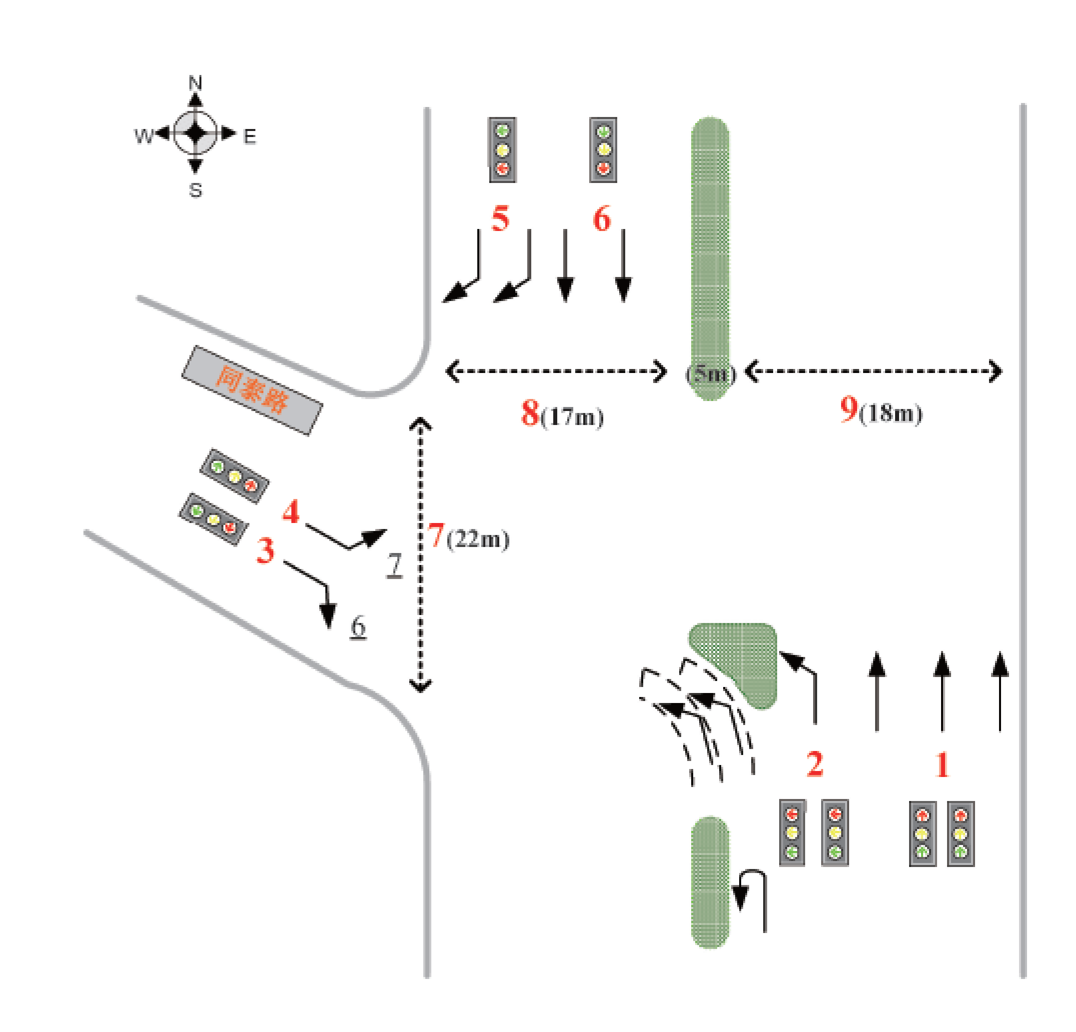


图 5-12　广州大道北—同泰路交叉口

2）交叉口现状配时

广州大道北协调路段以T形交叉口为主，各交叉口协调方向的相位有较大绿信比。交叉口周期变动范围在105～147s之间，周期的变动在干线信号协调控制可接受的范围内，交叉口现状配时适合进行干线信号协调控制。

各交叉口的现状配时已为较优的单点信号配时，可作为协调方案交叉口配时调整的基础。

广州大道北干道信号协调控制方案实施前，各交叉口平峰时段单点配时方案见表5-1～表5-10。

表5-1　广州大道北—怡新路交叉口现状配时方案

相位	广州大道北 怡新路 广州大道北	广州大道北 怡新路 广州大道北	广州大道北 怡园路 广州大道北	广州大道北 怡新路 广州大道北
编号	A	B	C	D
配时/s	24	33	36	34
周期/s	127			

表5-2　广州大道北—梅园路交叉口现状配时方案

相位	广州大道北 梅园路　梅苑路 广州大道北	广州大道北 梅园路　梅园路 广州大道北	广州大道北 梅园路　梅园路 广州大道北	广州大道北 梅园路　梅园路 广州大道北
编号	A	B	C	D
配时/s	69	18	38	22
周期/s	147			

表5-3　广州大道北—东兴二街交叉口现状配时方案

相位	广州大道北 东兴二街 广州大道北	广州大道北 东兴二街 广州大道北	广州大道北 东兴二街 广州大道北
编号	A	B	C
配时/s	70	32	16
周期/s	118		

表 5-4　广州大道北—麦地村交叉口现状配时方案

相位	广州大道北 广州大道北	广州大道北 广州大道北
编号	A	B
配时/s	66	40
周期/s	106	

表 5-5　广州大道北—京溪路交叉口现状配时方案

相位	广州大道北 京溪路 广州大道北	广州大道北 京溪路 广州大道北	广州大道北 京溪路 广州大道北
编号	A	B	C
配时/s	61	34	41
周期/s	136		

表 5-6　广州大道北—157 医院交叉口现状配时方案

相位	广州大道北 157医院 广州大道北	广州大道北 157医院 广州大道北	广州大道北 157医院 广州大道北
编号	A	B	C
配时/s	64	15	35
周期/s	114		

表 5-7　广州大道北—同沙路交叉口现状配时方案

相位	广州大道北 同沙路 广州大道北	广州大道北 同沙路 广州大道北	广州大道北 同沙路 广州大道北	广州大道北 同沙路 广州大道北
编号	A	B	C	D
配时/s	56	35	18	21
周期/s	130			

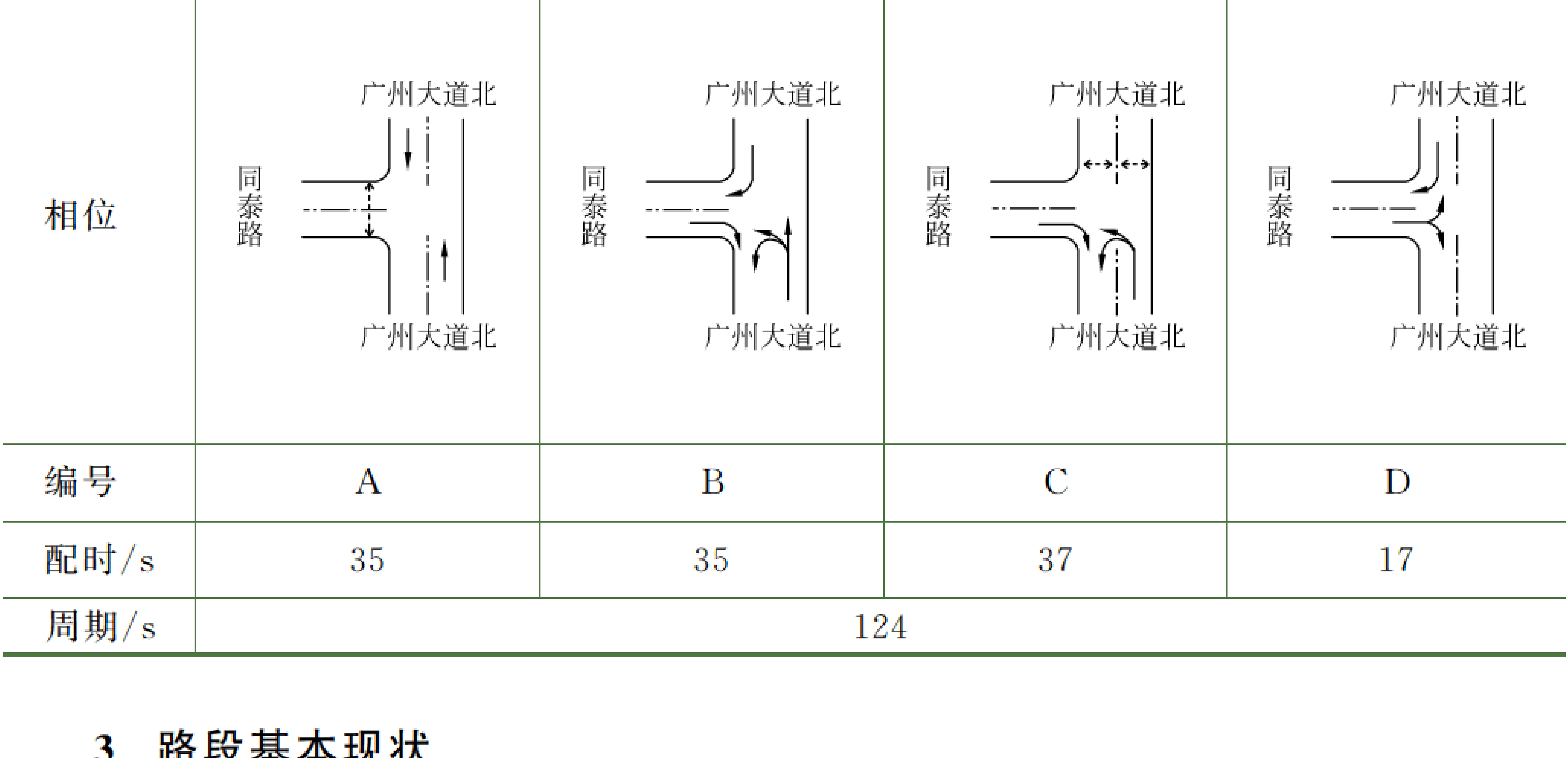
表 5-8　广州大道北—同和街交叉口现状配时方案

相位	广州大道北 广州大道北	广州大道北 广州大道北
编号	A	B
配时/s	65	40
周期/s	105	

表 5-9　广州大道北—国防技校交叉口现状配时方案

相位	广州大道北 国防技校 广州大道北	广州大道北 国防技校 广州大道北
编号	A	B
配时/s	72	40
周期/s	112	

表 5-10　广州大道北—同泰路交叉口现状配时方案



相位	广州大道北 同泰路 广州大道北	广州大道北 同泰路 广州大道北	广州大道北 同泰路 广州大道北	广州大道北 同泰路 广州大道北
编号	A	B	C	D
配时/s	35	35	37	17
周期/s	124			

3. 路段基本现状

广州大道北协调路段基本属性见表 5-11。

表 5-11　广州大道北路段属性表

序号	路段	南往北车道数	中央隔离方式	北往南车道数	路段长度/m
1	(1—2) 怡新路至梅园路	3	绿化	3	331
2	(2—3) 梅园路至东兴二街	3	绿化	3	316
3	(3—4) 东兴二街至麦地村	3	绿化	4	253
4	(4—5) 麦地村至京溪路	3	绿化	4	212
5	(5—6) 京溪路至 157 医院	4	绿化	4	190
6	(6—7) 157 医院至同沙路	3	绿化	3	890
7	(7—8) 同沙路至同和街	3	绿化	3	290
8	(8—9) 同和街至国防技校	4	绿化	3	260
9	(9—10) 国防技校至同泰路	5	绿化	3	180

广州大道北干线南往北协调方向现状调研数据如表 5-12 所示。

广州大道北干线北往南协调方向现状调研数据如表 5-13 所示。

表 5-12 广州大道北干线南往北现状数据调研统计表

南往北(从怡新路交叉口至同泰路交叉口)					
序号	路段	排队消耗时间/s	行驶速度/(km/h)	停车次数/次	行驶时间/s
1	(1—2)怡新路至梅园路	7	37	5.3	494
2	(2—3)梅园路至东兴二街	5	40		
3	(3—4)东兴二街至麦地村	2	37		
4	(4—5)麦地村至京溪路	15	45		
5	(5—6)京溪路至157医院	12	38		
6	(6—7)157医院至同沙路	10	38		
7	(7—8)同沙路至同和街	7	41		
8	(8—9)同和街至国防技校	5	40		
9	(9—10)国防技校至同泰路	5	42		

表 5-13 广州大道北干线北往南现状数据调研统计表

北往南(从同泰路交叉口至怡新路交叉口)					
序号	路段	排队消耗时间/s	行驶速度/(km/h)	停车次数/次	行驶时间/s
1	(10—9)同泰路至国防技校	2	28	5.8	526
2	(9—8)国防技校至同和街	5	37		
3	(8—7)同和街至同沙路	10	42		
4	(7—6)同沙路至157医院	2	25		
5	(6—5)157医院至京溪路	12	44		
6	(5—4)京溪路至麦地村	10	51		
7	(4—3)麦地村至东兴二街	20	36		
8	(3—2)东兴二街至梅园路	25	38		
9	(2—1)梅园路至怡新路	10	34		

4. 协调控制优化方案

1）设计思路

(1) 分段协调：广州大道北协调路段的 10 个交叉口中，157 医院至同沙路路段长度达 890m，车队行驶的离散现象明显，这两个交叉口不适合在一起协调。加上路段要协调的交叉口较多，为保证协调效果，将广州大道北协调路段分成两个子区。子区 1 共 6 个交叉口，协调路段从怡新路至 157 医院，共 1.3km；子区 2 共 4 个交叉口，协调路段从同沙路至同泰路，共 730m。

(2) 双向协调：平峰时段广州大道北协调路段南北方向车流相对平衡，两个子区都考虑进行双向协调控制。

(3) 关键交叉口确定：子区 1 梅园路交叉口周期最大，为关键交叉口，公共周期时长取为 147s；子区 2 同沙路交叉口周期最大，为关键交叉口，公共周期时长取为 130s。子区非关键交叉口，其周期时长采用子区的公共周期时长，非协调相位的最小绿灯显示时间确定以后（取饱和度为 0.85，行人相位保证最短行人过街时间），其余时间全部给协调相位，以形成最大协调带宽。

(4) 路段采用不同设计车速：根据协调路段实测的车队平均行驶车速，各路段采用不同的设计车速。

(5) 考虑排队消耗时间：方案设计时不将协调方向绿灯时间内用于红灯排队消散的时间纳入绿波带范围，避免出现协调方向车队绿灯到达交叉口，却因等待排队车辆先通过交叉口而停车的现象。

2）详细配时方案

(1) 子区 1

广州大道北子区 1 配时表见表 5-14，协调方案时距图见图 5-13。

表 5-14　广州大道北子区 1 配时表

序号	交叉口	A 相/s	B 相/s	C 相/s	D 相/s	周期/s	绝对相位差/s	相序	协调相位		设计车速/(km/h)	
									南往北	北往南	南往北	北往南
1	怡新路	28	38	42	39	147	142	ABCD	AB	AB	—	34
2	梅园路	69	18	38	22		0	ABCD	A	AB	37	38
3	东兴二街	88	40	19	—		32	ABC	AC	A	40	36
4	麦地村	100	47	—	—		25	AB	A	A	37	51
5	京溪路	67	36	44	—		32	ABC	A	A	45	44
6	157 医院	85	18	44	—		32	ABC	A	A	42	—

注：具体相位定义详见交叉口现状配时部分，绝对相位差为各个交叉口协调方向信号绿灯起点相对于关键交叉口协调方向信号绿灯起点的时间差。

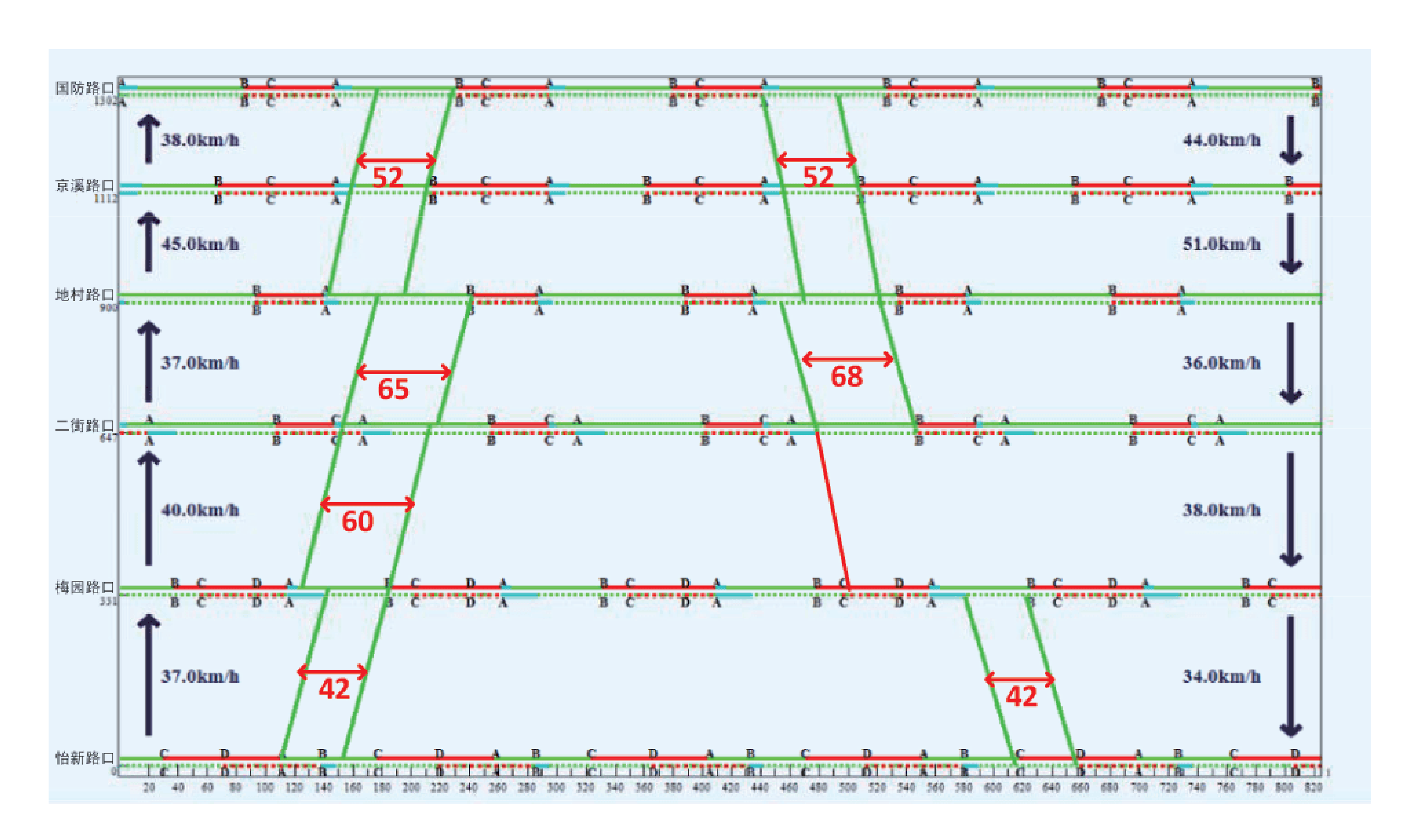


图 5-13　广州大道北子区 1 时距图

方案简单介绍：

① 配时方案两个相邻交叉口间实现最大带宽，带宽在 42～65s 之间，重点保证南向北方向的绿波效果；

② 北向南方向东兴二街至梅园路交叉口未进行协调控制，协调车流在梅园路交叉口易遇到红灯。

（2）子区 2

广州大道北子区 2 配时表见表 5-15，协调方案时距图见图 5-14。

表 5-15　广州大道北子区 2 配时表

序号	交叉口	A 相/s	B 相/s	C 相/s	D 相/s	周期	绝对相位差/s	相序	协调相位		设计车速/(km/h)	
									南往北	北往南	南往北	北往南
1	同沙路	56	35	18	21	130	0	ABCD	AD	A	—	42
2	同和街	85	45	—	—		4	AB	A	A	41	37
3	国防技校	85	45	—	—		69	AB	A	A	40	28
4	同泰路	38	37	38	17		68	ABCD	AB	A	42	—

注：具体相位定义详见交叉口现状配时部分，绝对相位差为各个交叉口协调方向信号绿灯起点相对于关键交叉口协调方向信号绿灯起点的时间差。

方案简单介绍：

广州大道北同沙路至同泰路 4 个交叉口间采用双向协调控制，南向北方向带宽为 44s；北向南方向同泰路交叉口至国防技校交叉口带宽为 38s，国防技校交叉

口至同沙路交叉口带宽为 44s。

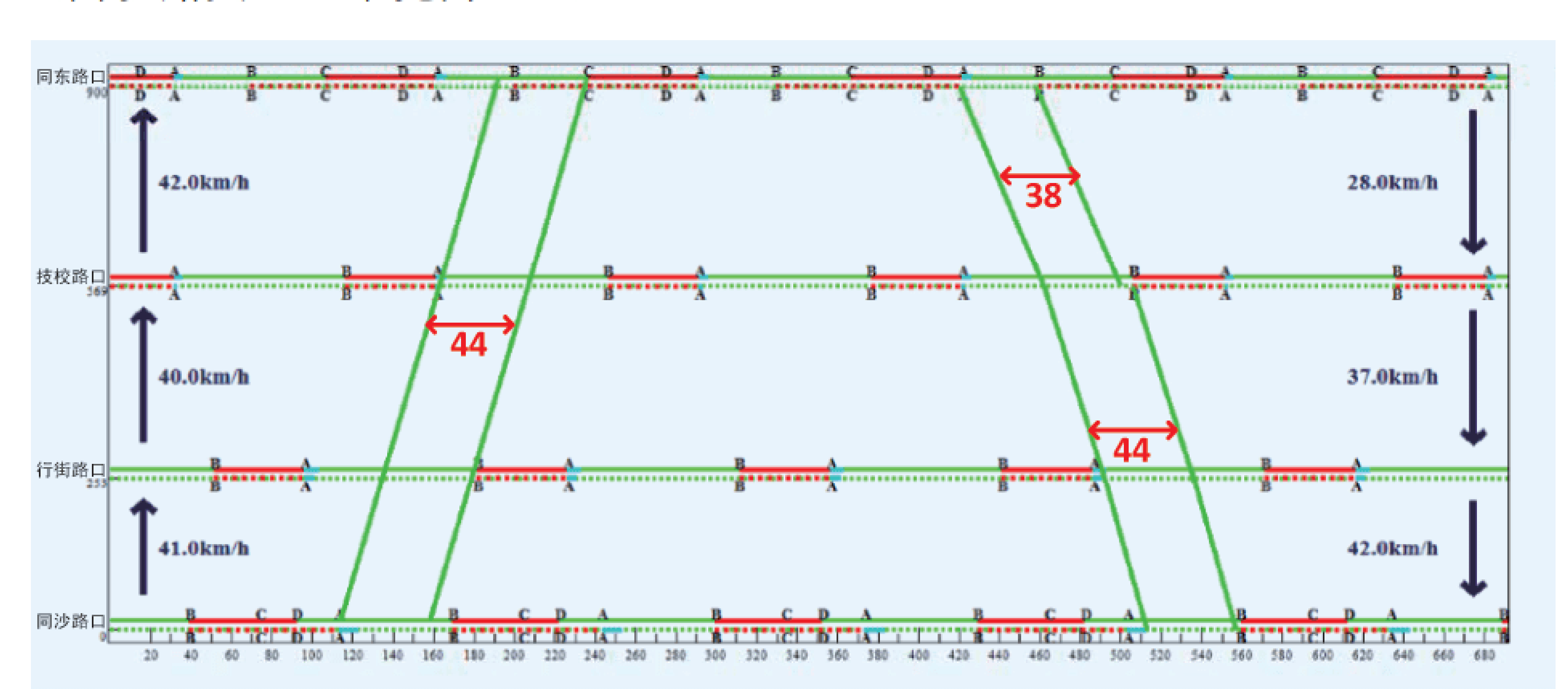


图 5-14　广州大道北子区 2 时距图

5. 协调控制优化方案效果评价

广州大道北干线信号协调控制方案实施前后，通过现场调查停车次数、行程时间和行驶车速的数据，对方案运行的效果进行评价。

1）平均停车次数对比

协调控制方案实施前后，北向南方向停车次数由 5.8 次减少为 2.6 次，优化效果达到 55.2%；南向北方向停车次数由 5.3 次减少为 2.3 次，优化效果达到 56.6%（见图 5-15）。

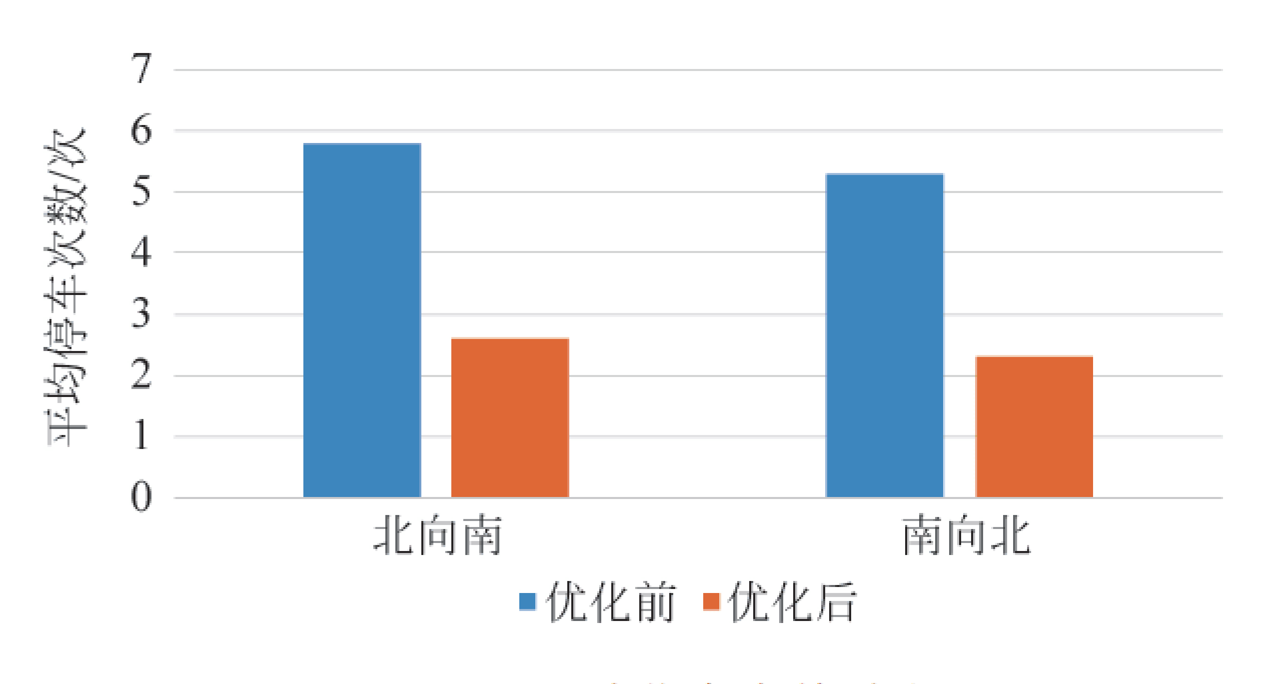


图 5-15　平均停车次数对比

2）平均行程时间对比

协调控制方案实施前后，北向南方向行程时间由 526s 减少为 404s，优化效果达到 23.2%；南向北方向行程时间由 494s 减少为 366s，优化效果达到 25.9%（见图 5-16）。

3）平均行驶车速对比

协调控制方案实施前后，北向南方向行驶车速由 36.2km/h 提高为 40.2km/h，优化效果达到 11.0%；南向北方向行驶车速由 38.4km/h 提高为 41.6km/h，优化效果达到 8.3%（见图 5-17）。

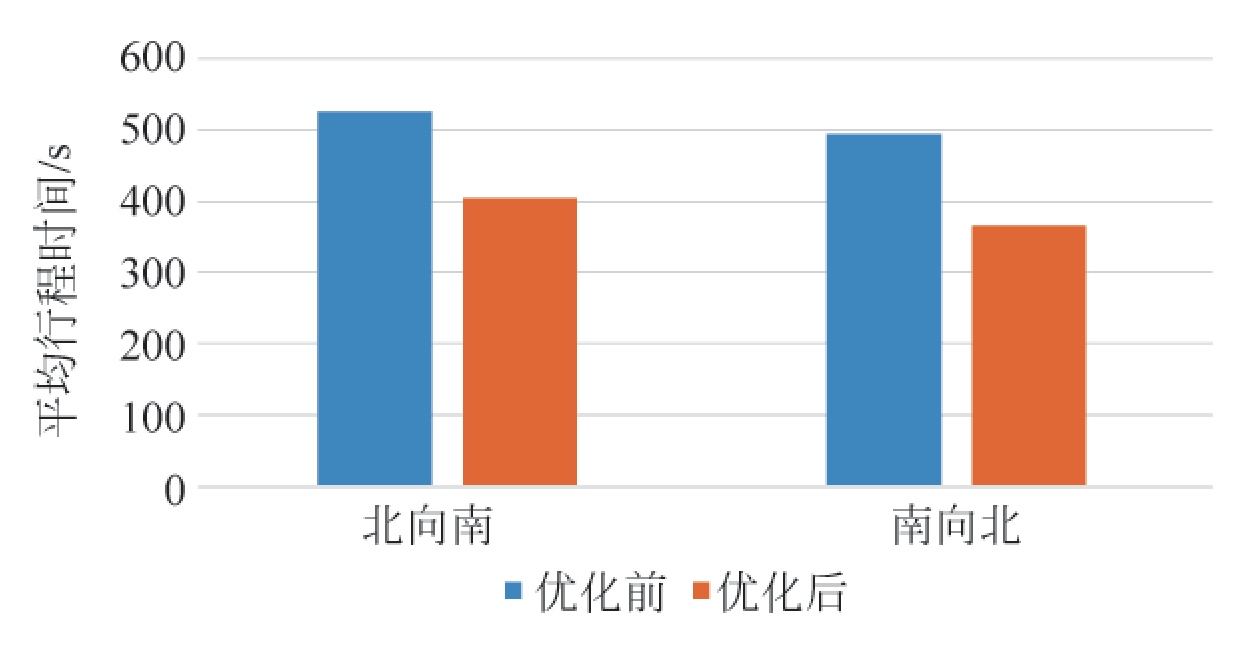


图 5-16　平均行程时间对比

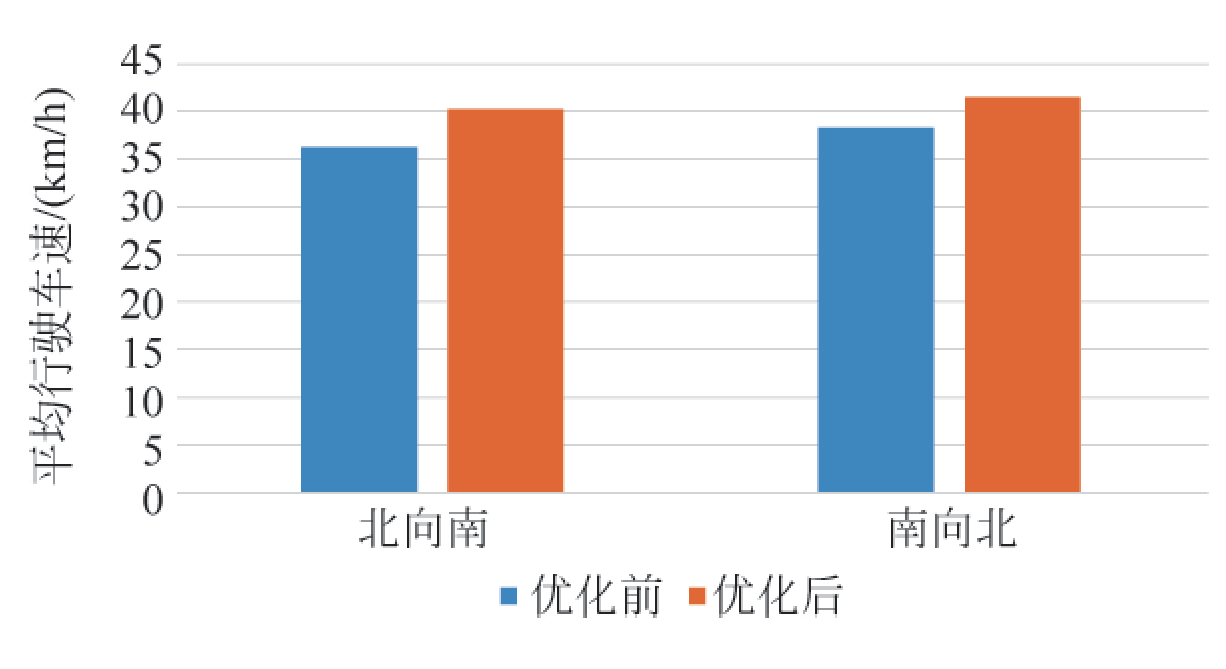


图 5-17　平均行驶车速对比

4）效果评价小结

通过以上对停车次数、行程时间、行驶车速的对比可知，广州大道北协调方案实施前后，平均停车次数减少率超过 50%，效果显著。平均行程时间有超过 20%的优化效果，平均行驶车速提升 10%左右。协调方案总体效果明显，道路行驶情况得到较大改善。

5.4.2　中山大道干线信号协调控制案例

1. 概况

中山大道位于广州市天河区及黄埔区，线路呈东西走向，全线多为六至八车道，是广州市主要干道之一。

本次选用中山大道平峰时段的协调方案作为干线信号协调控制的案例，协调路段从中山大道—怡华景路交叉口至中山大道—商业大厦交叉口，共 10 个交叉口，如图 5-18 所示。其中 2 个十字形交叉口(车陂路交叉口、科韵路交叉口)，7 个行人过街交叉口(商业大厦交叉口、假日南街交叉口、旭景西街交叉口、车陂村交叉口、骏景花园交叉口、好又多交叉口、华景路交叉口)，1 个 T 形交叉口(天府路交叉口)。

中山大道东向西方向商业大厦至科韵路交叉口间距均匀，集中在 300～600m 的范围。交叉口以行人过街为主，支路汇入的车流很少，各交叉口的交通流量大致接近，干道车流行驶也比较稳定。大道中央与两侧都有栅栏隔离，减少了对向车

流、行人与非机动车的干扰，协调路段交通秩序良好。

图 5-18　中山大道路网结构图

中山大道全路段有 BRT 车道，在 BRT 车站路段，单向社会车辆可使用车道为 3～4 条，行车速度下降较大，需进行干线信号协调控制，减少车辆通过交叉口的停车次数，缩短行驶时间，提高道路的通行能力。

本次干线协调控制方案的调研设计工作于 2014 年 1 月 6 日全部完成，通过广州市交警支队的 SCATS 系统下发控制方案，并进行试运行，于 2014 年 1 月 19 日完成最后的运行效果评估并验收。目前，该协调控制方案根据交通流变化情况进行了数次微调，路段交通秩序良好。

2. 交叉口基本现状

1）交叉口基础情况

中山大道拟进行干线协调控制的 10 个交叉口的基础情况如图 5-19～图 5-28 所示。

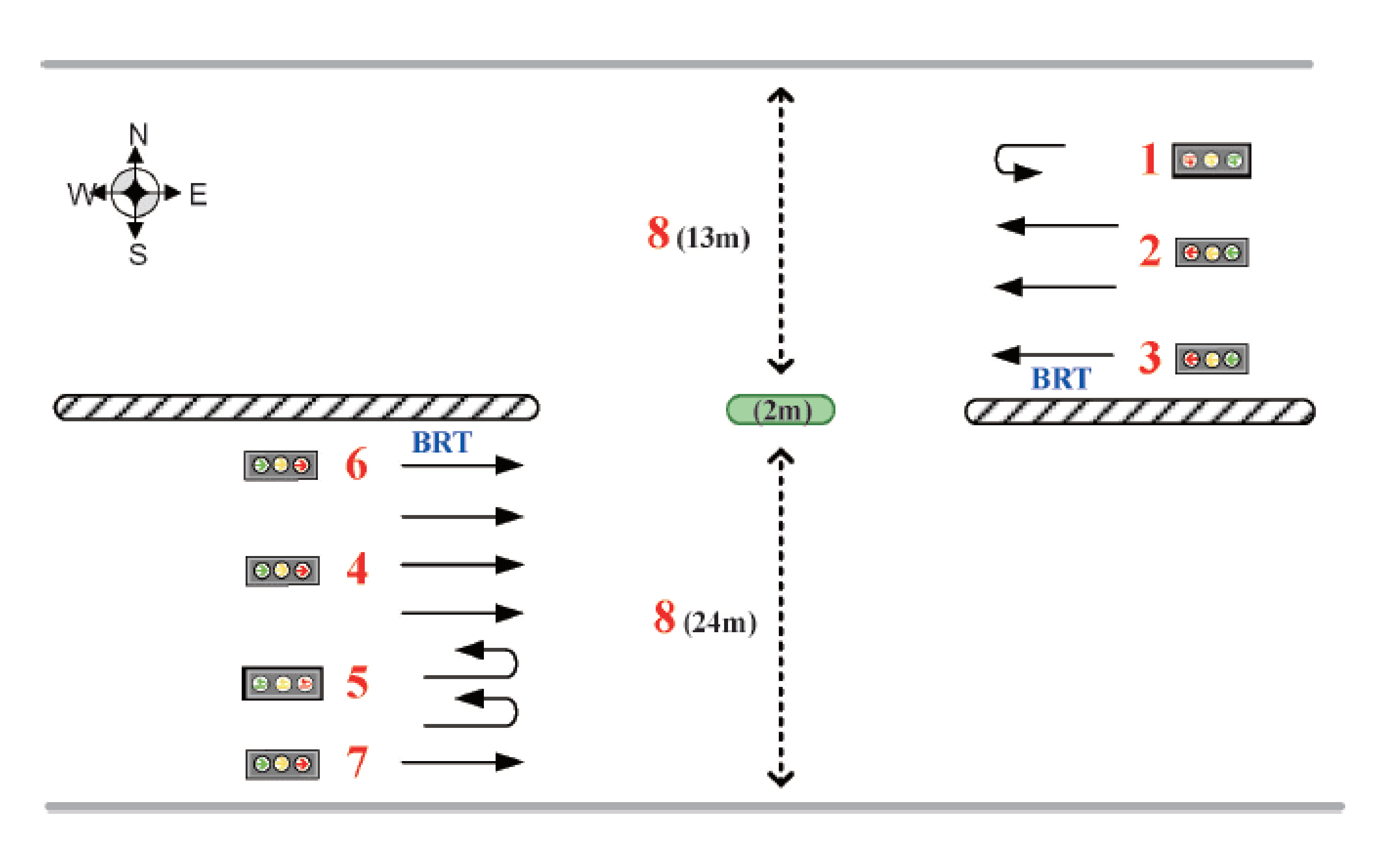


图 5-19　中山大道—商业大厦交叉口

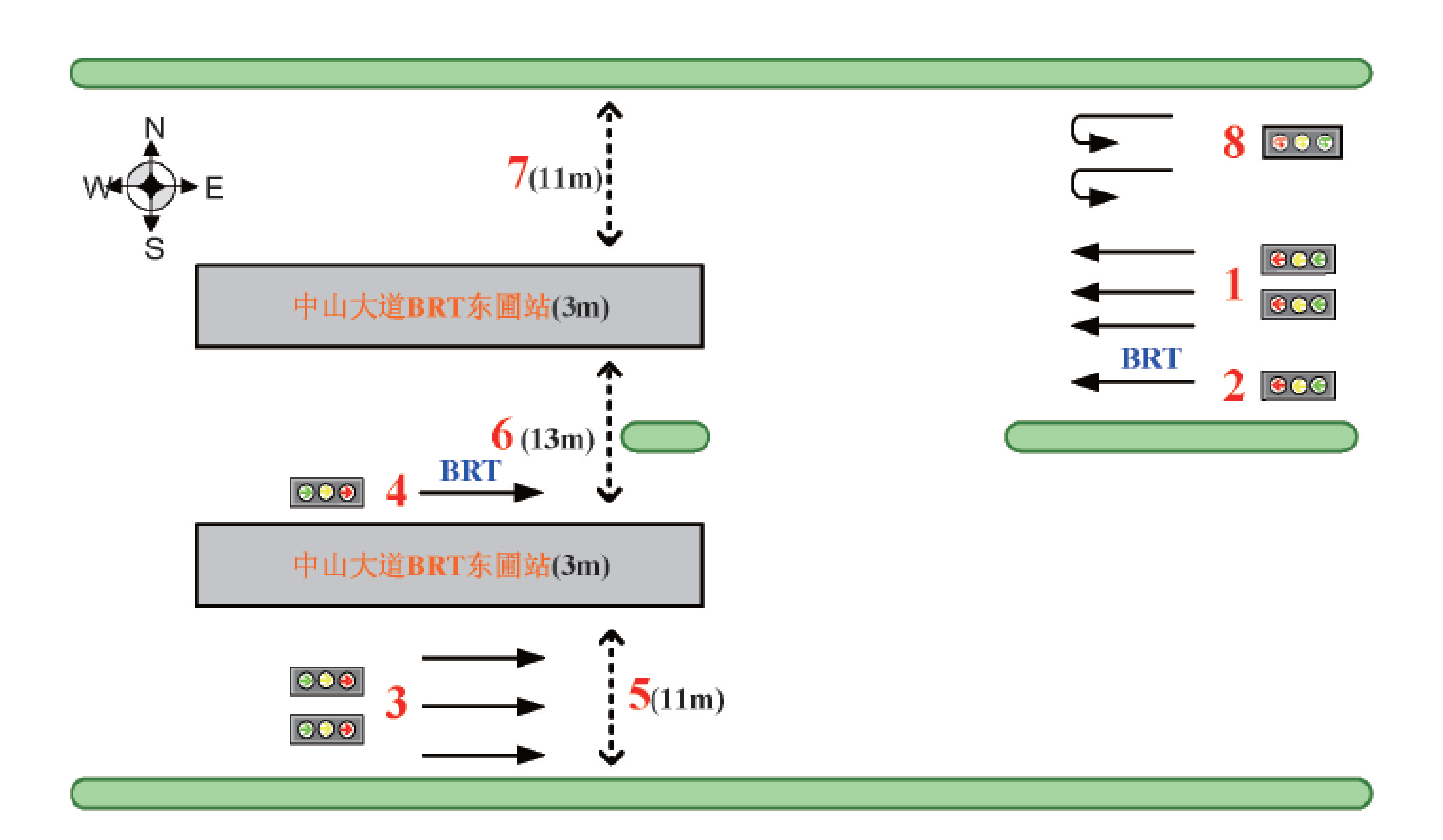


图 5-20　中山大道—假日南街交叉口

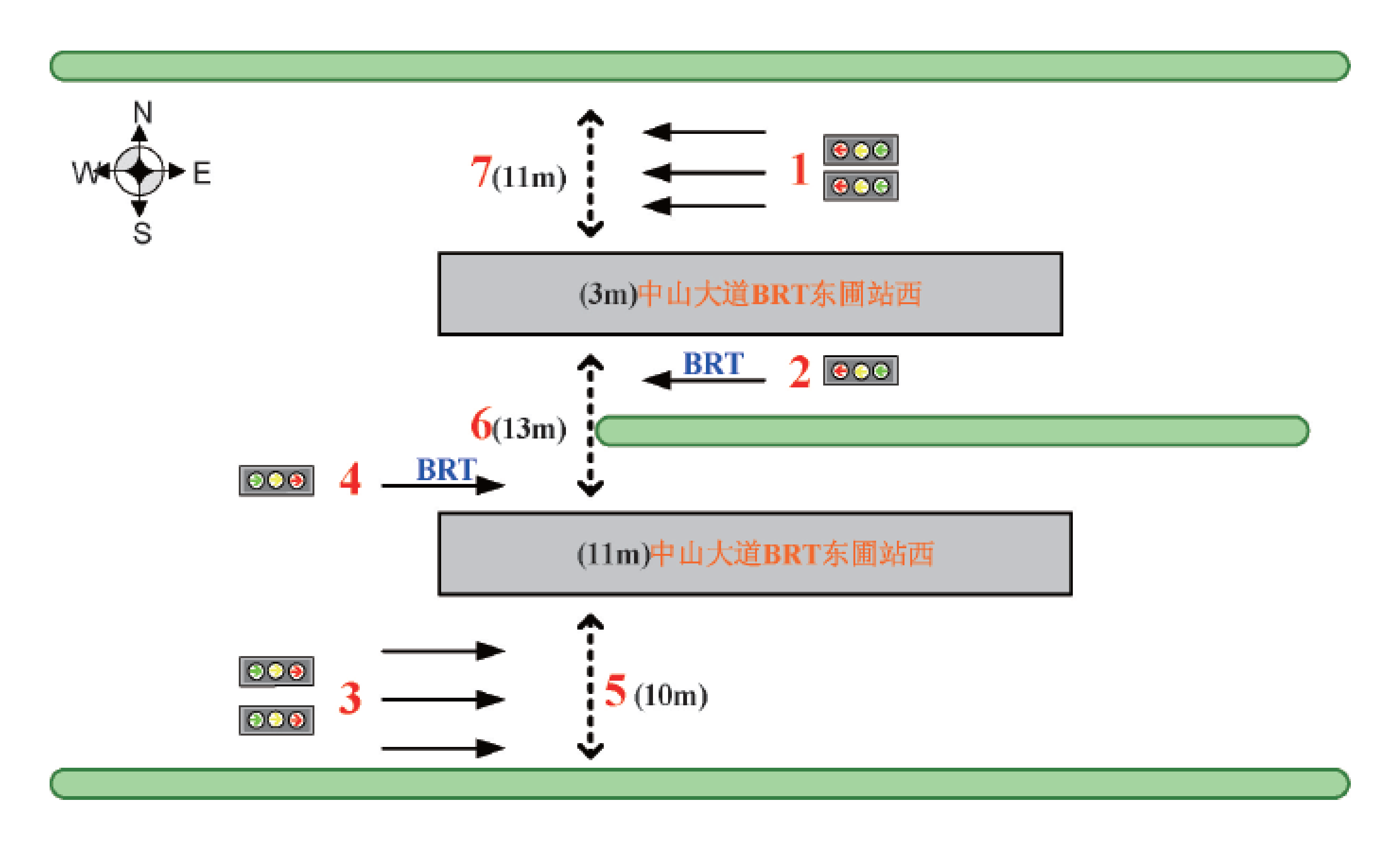


图 5-21　中山大道—旭景西街交叉口

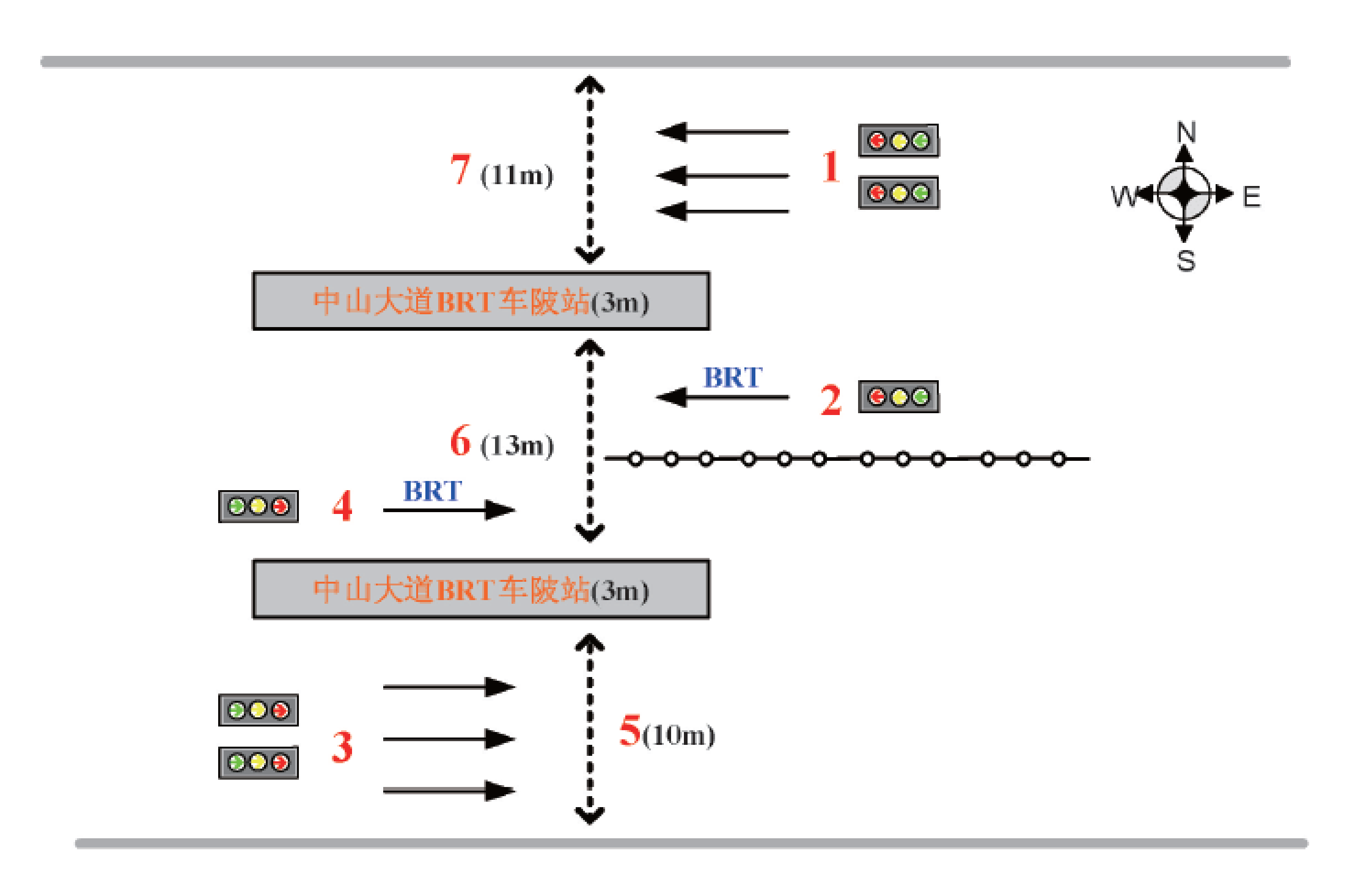


图 5-22　中山大道—车陂村交叉口

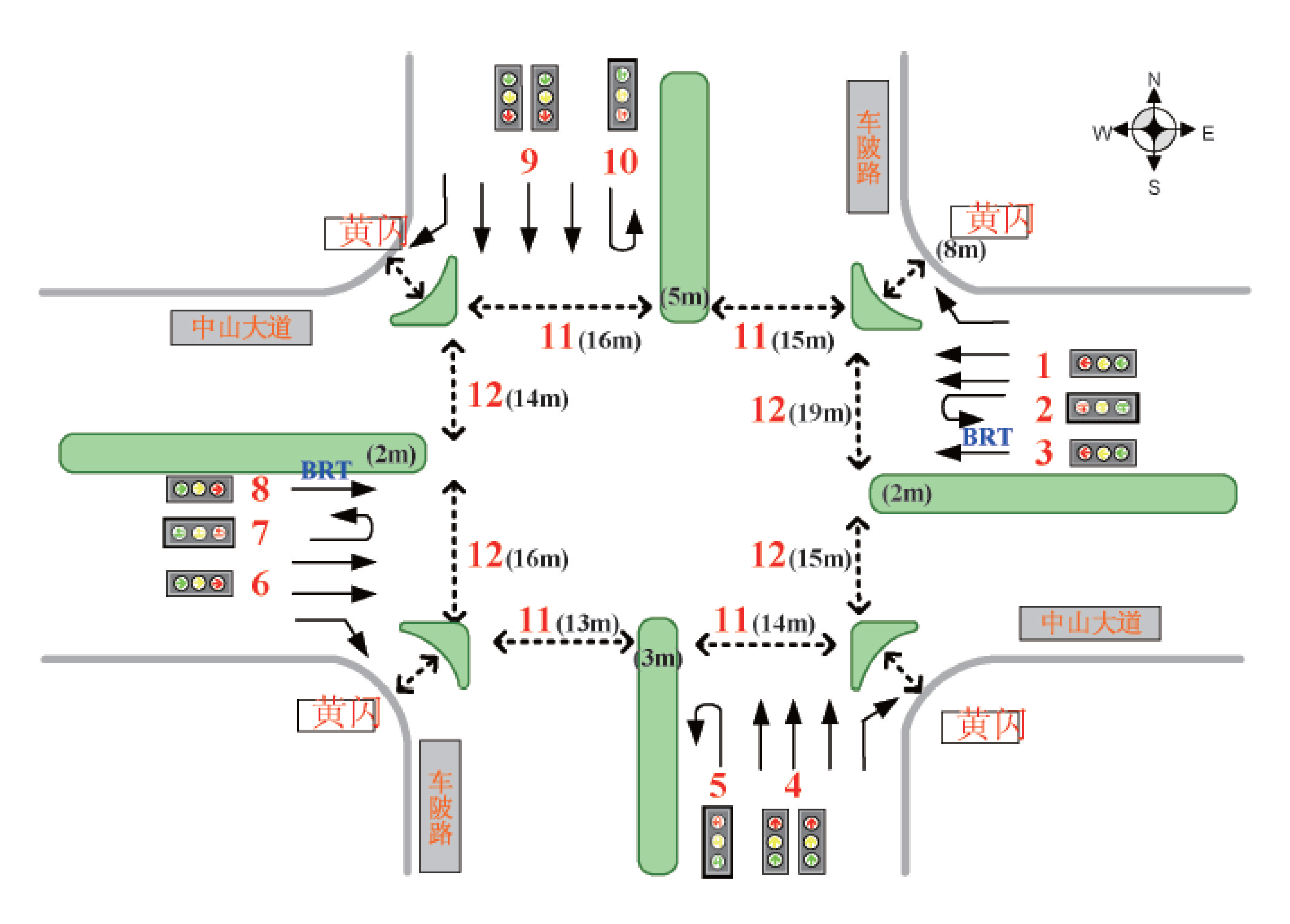


图 5-23　中山大道—车陂路交叉口

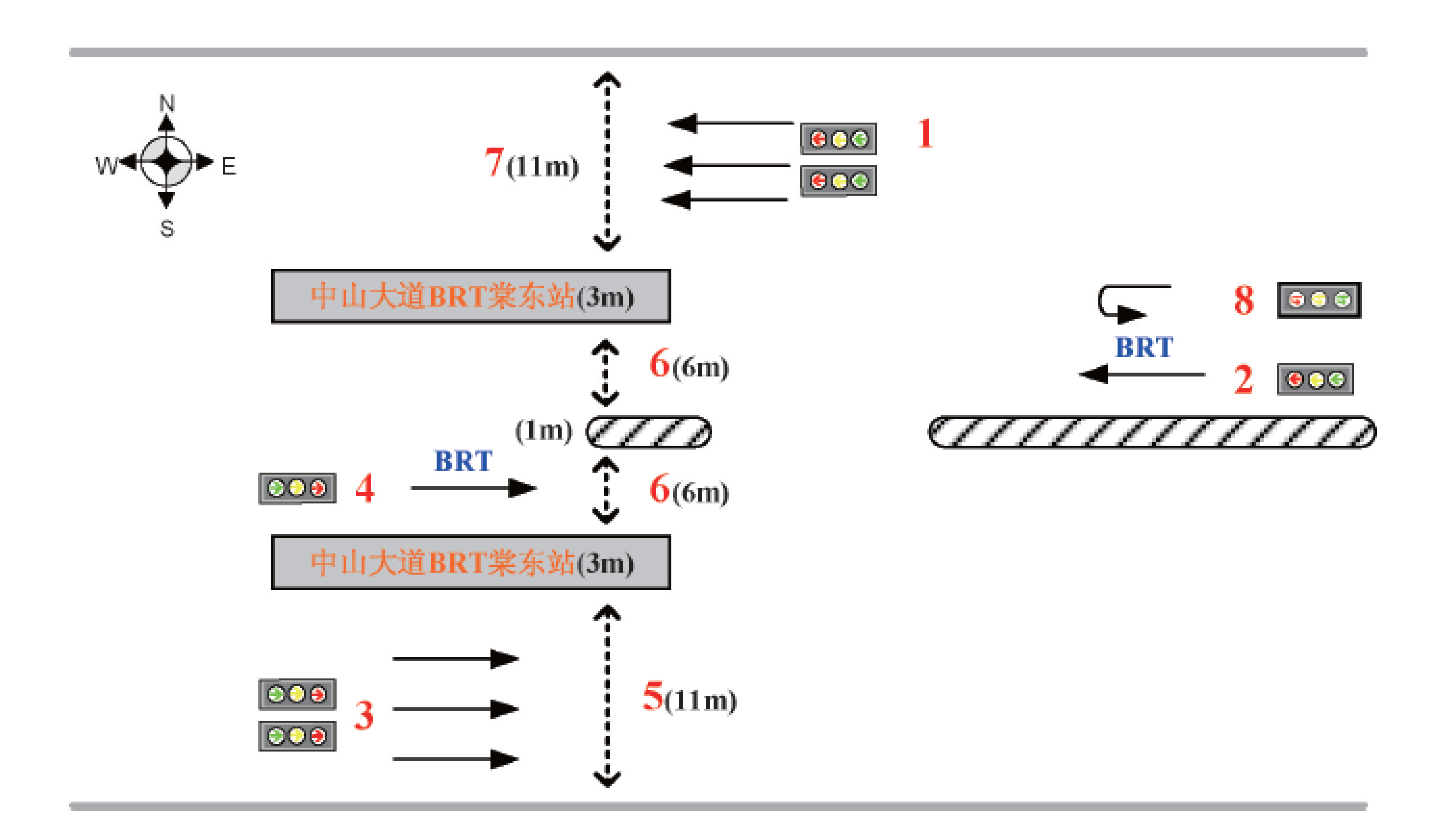


图 5-24　中山大道—骏景花园交叉口

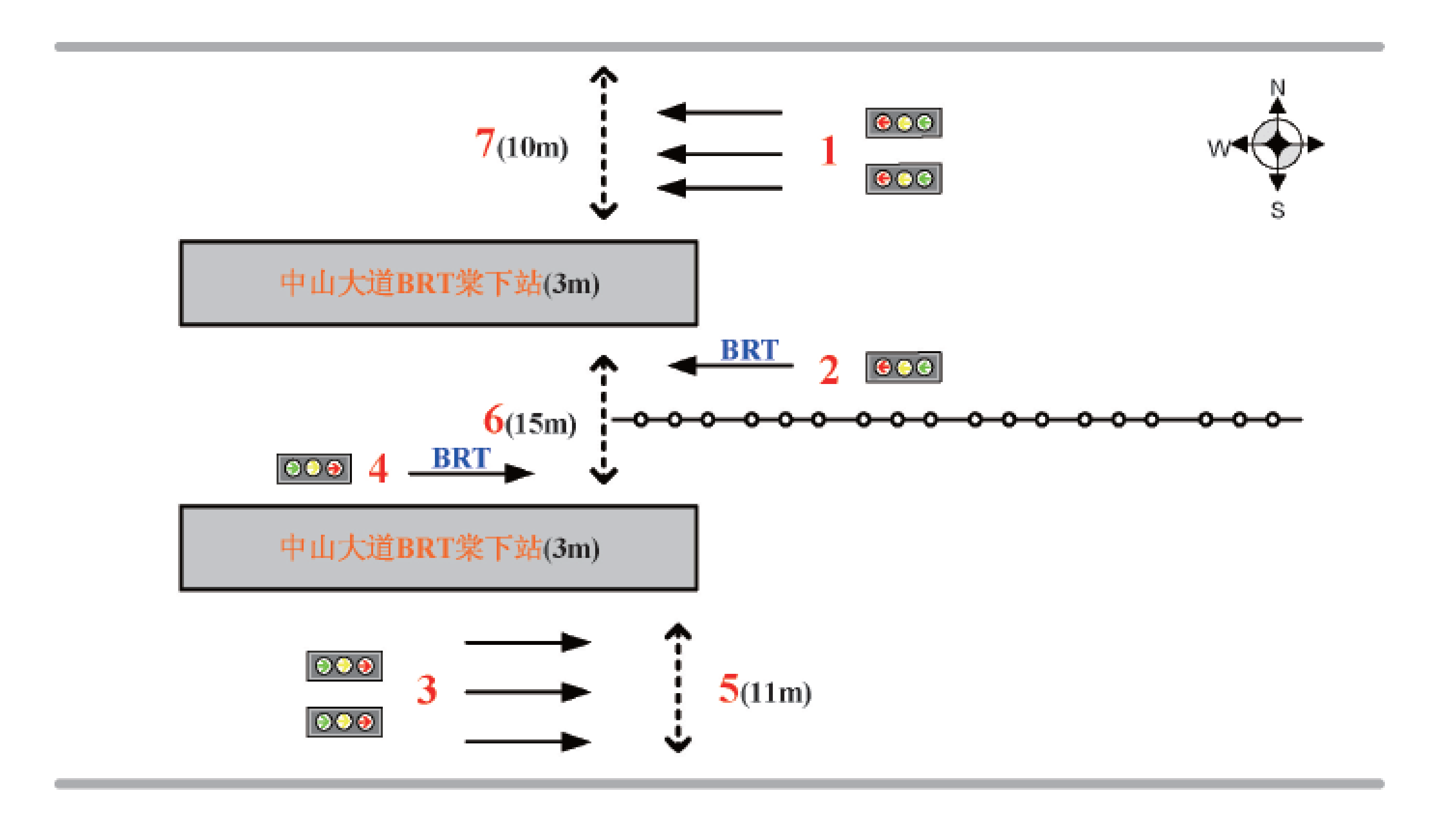


图 5-25　中山大道—好又多交叉口

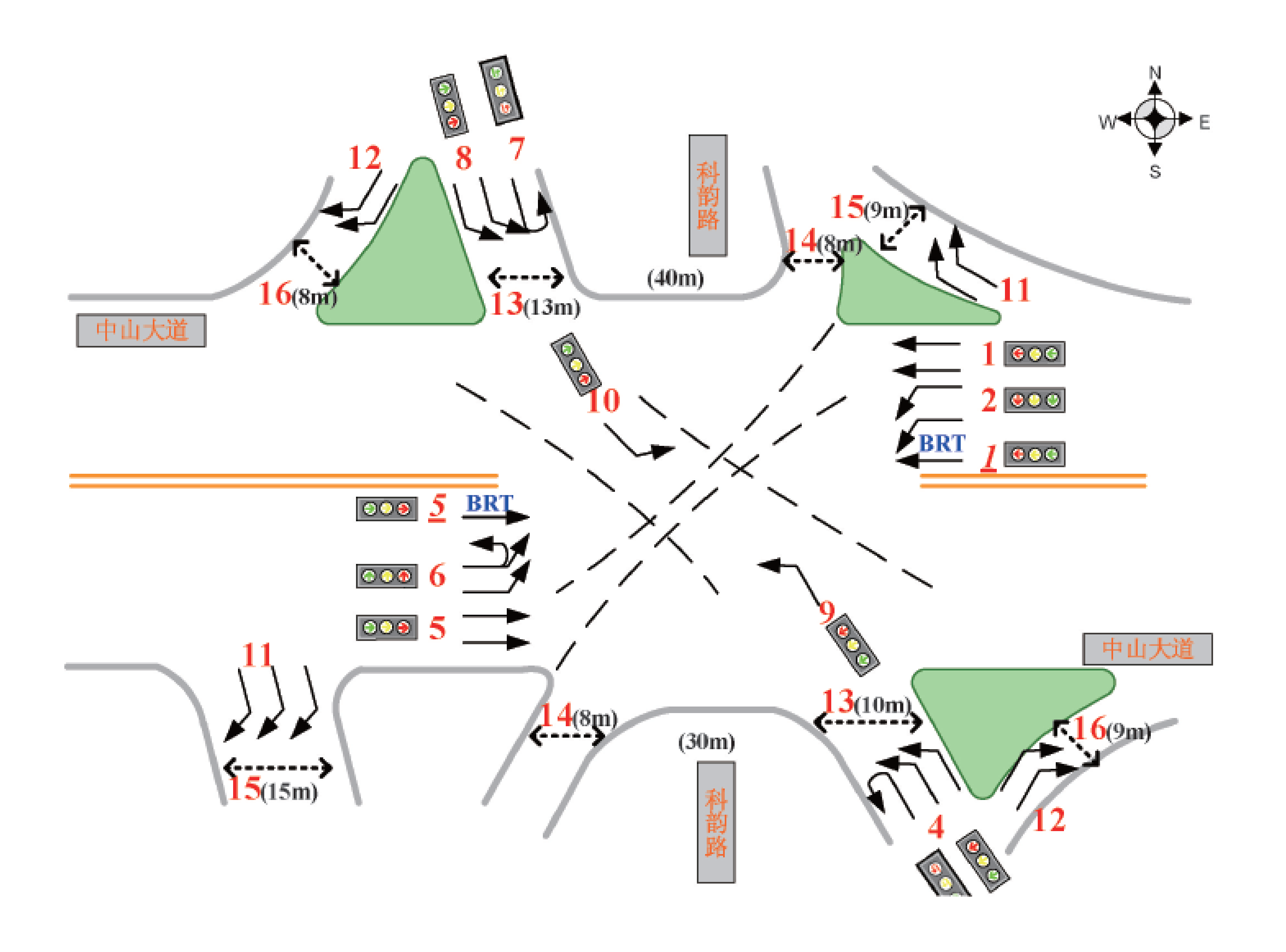


图 5-26　中山大道—科韵路交叉口

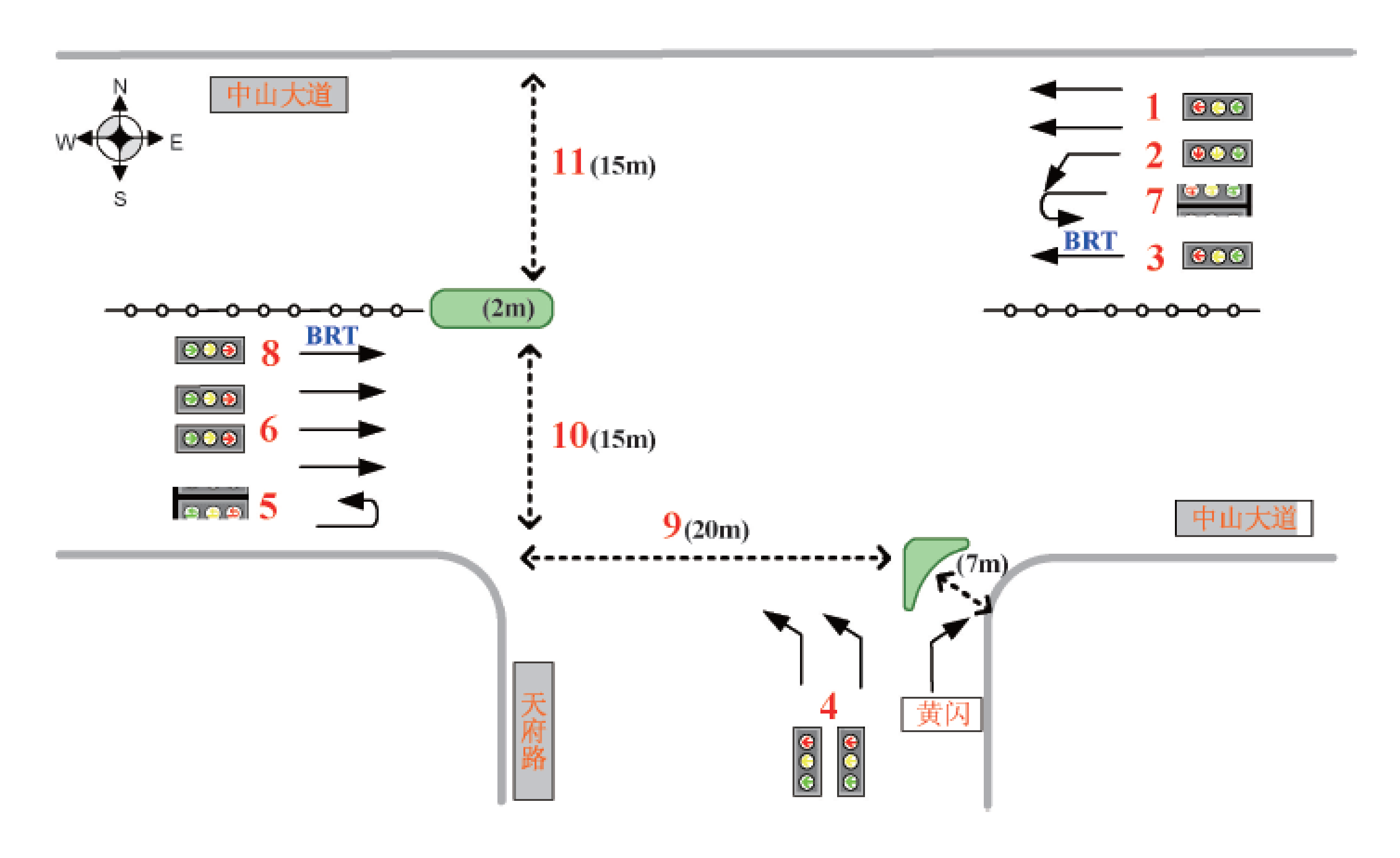


图 5-27　中山大道—天府路交叉口

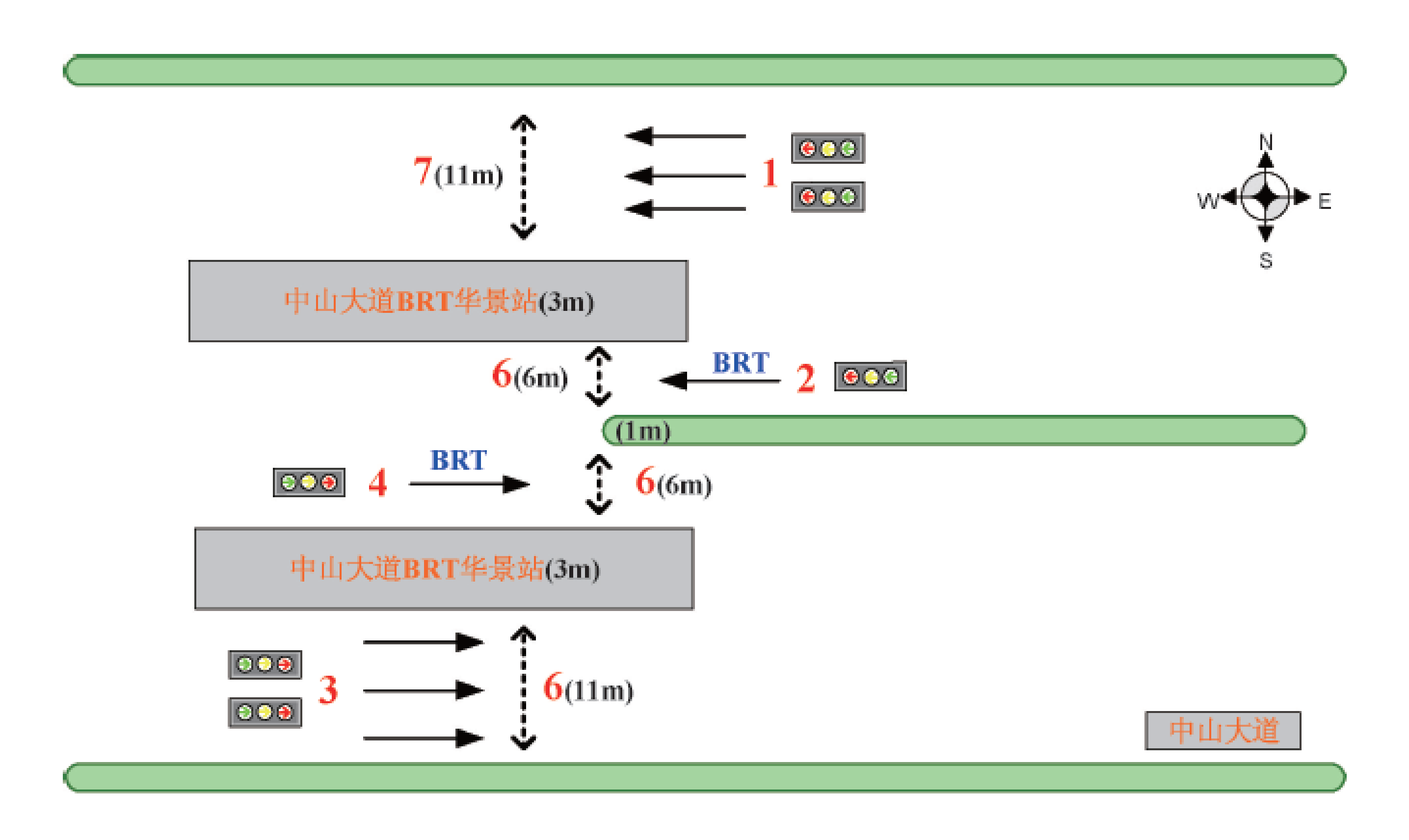


图 5-28　中山大道—华景路交叉口

2）交叉口现状配时

中山大道协调路段以行人过街交叉口为主，交叉口配时在满足行人过街的前提下，可使协调方向的相位有较大绿信比；各交叉口的周期范围在95～124s之间，周期的变动在干线信号协调控制的合理范围内，较小周期的交叉口不会因为采用协调方案的公共周期而导致延误显著增大。交叉口现状的配时特点适合进行干线信号协调控制，可保证协调的效果。

各交叉口的现状配时已为较优的单点信号配时，可以作为协调方案交叉口配时调整的基础。中山大道干线信号协调控制方案实施前，平峰时段单点配时方案如表5-16～表5-25所示。

表 5-16　中山大道—商业大厦交叉口现状配时方案

相位	中山大道　中山大道	中山大道　中山大道
编号	A	B
配时/s	60	36
周期/s	96	

表 5-17　中山大道—假日南街交叉口现状配时方案

相位	中山大道　中山大道	中山大道　中山大道
编号	A	B
配时/s	70	25
周期/s	95	

表 5-18　中山大道—旭景西街交叉口现状配时方案

相位	中山大道　中山大道	中山大道　中山大道
编号	A	B
配时/s	60	44
周期/s	104	

表 5-19　中山大道—车陂村交叉口现状配时方案

相位	中山大道　中山大道	中山大道　中山大道
编号	A	B
配时/s	53	47
周期/s	100	

表 5-20 中山大道—车陂路交叉口现状配时方案

相位	车陂路 中山大道 中山大道 车陂路	车陂路 中山大道 中山大道 车陂路
编号	A	B
配时/s	65	47
周期/s	112	

表 5-21 中山大道—骏景花园交叉口现状配时方案

相位	中山大道 中山大道	中山大道 中山大道
编号	A	B
配时/s	53	47
周期/s	100	

表 5-22 中山大道—好又多交叉口现状配时方案

相位	中山大道 中山大道	中山大道 中山大道
编号	A	B
配时/s	55	45
周期/s	100	

表 5-23 中山大道—科韵路交叉口现状配时方案

相位	科韵路 中山大道 中山大道 科韵路	科韵路 中山大道 中山大道 科韵路	科韵路 中山大道 中山大道 科韵路
编号	A	B	C
配时/s	57	24	43
周期/s	124		

表 5-24　中山大道—天府路交叉口现状配时方案

相位	中山大道 天府路 中山大道	中山大道 天府路 中山大道	中山大道 天府路 中山大道	中山大道 天府路 中山大道	中山大道 天府路 中山大道
编号	A	B	C	D	E
配时/s	18	16	25	21	38
周期/s	118				

表 5-25　中山大道—华景路交叉口现状配时方案

相位	中山大道 中山大道	中山大道 中山大道
编号	A	B
配时/s	65	45
周期/s	110	

3. 路段基本现状

中山大道协调路段基本属性见表 5-26。

表 5-26　中山大道路段属性表

序号	路段	东向西车道数	中央隔离方式	西向东车道数	东向西路段长度/m
1	(1—2) 商业大厦至假日南街	4	栅栏	4	150
2	(2—3) 假日南街至旭景西街	4	栅栏	4	300
3	(3—4) 旭景西街至车陂村	4	栅栏	4	490
4	(4—5) 车陂村至车陂路	4	栅栏	4	470
5	(5—6) 车陂路至骏景花园	4	栅栏	4	510
6	(6—7) 骏景花园至好又多	4	栅栏	4	450

续表

序号	路段	东向西车道数	中央隔离方式	西向东车道数	东向西路段长度/m
7	(7—8) 好又多至科韵路	4	栅栏	4	670
8	(8—9) 科韵路至天府路	4	栅栏	4	1500
9	(9—10) 天府路校至华景路	4	栅栏	4	480

中山大道东向西协调方向现状调研数据如表 5-27 所示。

表 5-27　中山大道东向西协调方向现状调研统计表

东向西(从商业大厦交叉口至华景路交叉口)					
序号	路段	排队消耗时间/s	行驶速度/(km/h)	停车次数/次	行驶时间/s
1	(1—2) 商业大厦至假日南街	5	28	5.8	848
2	(2—3) 假日南街至旭景西街	2	40		
3	(3—4) 旭景西街至车陂村	2	39		
4	(4—5) 车陂村至车陂路	5	53		
5	(5—6) 车陂路至骏景花园	2	34		
6	(6—7) 骏景花园至好又多	2	31		
7	(7—8) 好又多至科韵路	2	51		
8	(8—9) 科韵路至天府路	8	44		
9	(9—10) 天府路校至华景路	5	30		

中山大道西向东协调方向现状调研数据如表 5-28 所示。

表 5-28　中山大道西向东协调方向现状调研统计表

西向东(从华景路交叉口至商业大厦交叉口)					
序号	路段	排队消耗时间/s	行驶速度/(km/h)	停车次数/次	行驶时间/s
1	(10—9) 华景路至天府路	5	32	6.0	959
2	(9—8) 天府路至科韵路	6	46		
3	(8—7) 科韵路至好又多	5	45		
4	(7—6) 好又多至骏景花园	5	31		
5	(6—5) 骏景花园至车陂路	5	33		
6	(5—4) 车陂路至车陂村	2	47		
7	(4—3) 车陂村至旭景西街	2	41		
8	(3—2) 旭景西街至假日南街	2	45		
9	(2—1) 假日南街至商业大厦	5	30		

4. 协调控制优化方案

1) 设计思路

(1) 分段协调：中山大道协调路段的 10 个交叉口中，科韵路至天府路段长度达 1500m，大于 1km，车队行驶的离散现象明显，这两个交叉口不适合在一起协调。加上路段要协调的交叉口较多，为保证协调效果，将中山大道协调路段分成 2 个子区。子区 1 共 8 个交叉口，协调路段从商业大厦至科韵路，共 3km；子区 2 共 2 个交叉口，协调路段从天府路至华景路，共 480m。

(2) 双向协调：平峰时段中山大道协调路段东西方向车流相对平衡，且以行人过街交叉口为主，2 个子区都进行双向协调控制。

(3) 关键交叉口确定：子区 1 科韵路交叉口周期最大，为关键交叉口，公共周期取相同的 124s；子区 2 天府路交叉口周期最大，为关键交叉口，周期取相同的 118s。子区非关键交叉口，其周期时长采用子区的公共周期，非协调相位的最小绿灯显示时间确定以后(取饱和度为 0.85，行人相位保证最短行人过街时间)，其余

时间全给协调相位，以形成最大协调带宽。

（4）路段采用不同设计车速：根据协调路段实测的车队平均行驶车速，各路段采用不同的设计车速。

（5）双向不同带宽设计：中山大道子区 2 双向采用不同带宽设计，保证两个方向的最大协调带宽。

（6）考虑排队消耗时间：方案设计时不将协调方向绿灯时间内用于红灯排队消散的时间纳入绿波带范围，避免出现协调方向车队绿灯到达交叉口，却因等待排队车辆先通过交叉口而停车的现象。

2）详细配时方案

（1）中山大道子区 1 配时表见表 5-29，协调方案时距图见图 5-29。

表 5-29 中山大道子区 1 配时表

<table>
<tr><th rowspan="2">序号</th><th rowspan="2">交叉口</th><th rowspan="2">A 相/s</th><th rowspan="2">B 相/s</th><th rowspan="2">C 相/s</th><th rowspan="2">周期/s</th><th rowspan="2">绝对相位差/s</th><th rowspan="2">相序</th><th colspan="2">协调相位</th><th colspan="2">设计车速/(km/h)</th></tr>
<tr><th>东向西</th><th>西向东</th><th>东向西</th><th>西向东</th></tr>
<tr><td>1</td><td>商业大厦</td><td>88</td><td>36</td><td>—</td><td rowspan="8">124</td><td>51</td><td>AB</td><td>A</td><td>A</td><td>—</td><td>30</td></tr>
<tr><td>2</td><td>假日南街</td><td>99</td><td>25</td><td>—</td><td>114</td><td>AB</td><td>A</td><td>A</td><td>28</td><td>45</td></tr>
<tr><td>3</td><td>旭景西街</td><td>80</td><td>44</td><td>—</td><td>111</td><td>AB</td><td>A</td><td>A</td><td>40</td><td>41</td></tr>
<tr><td>4</td><td>车陂村</td><td>77</td><td>47</td><td>—</td><td>65</td><td>AB</td><td>A</td><td>A</td><td>39</td><td>47</td></tr>
<tr><td>5</td><td>车陂路</td><td>72</td><td>52</td><td>—</td><td>65</td><td>AB</td><td>A</td><td>A</td><td>53</td><td>33</td></tr>
<tr><td>6</td><td>骏景花园</td><td>77</td><td>47</td><td>—</td><td>121</td><td>AB</td><td>A</td><td>A</td><td>34</td><td>31</td></tr>
<tr><td>7</td><td>好又多</td><td>79</td><td>45</td><td>—</td><td>59</td><td>AB</td><td>A</td><td>A</td><td>31</td><td>45</td></tr>
<tr><td>8</td><td>科韵路</td><td>57</td><td>24</td><td>43</td><td>124</td><td>ABC</td><td>A</td><td>A</td><td>51</td><td>—</td></tr>
</table>

注：具体相位定义详见交叉口现状配时部分，绝对相位差为各个交叉口协调方向信号绿灯起点相对于关键交叉口协调方向信号绿灯起点的时间差。

方案简单介绍：

中山大道商业大厦至车陂路 5 个交叉口间采用双向协调控制，两个方向带宽相等，同为 39s；

中山大道骏景花园至科韵路 3 个交叉口间采用双向协调控制，两个方向带宽相等，同为 39s；

中山大道车陂路至骏景花园 2 个交叉口间重点保证东向西方向的协调控制效果，2 个交叉口东向西方向的带宽为 72s，西向东方向带宽为 57s。

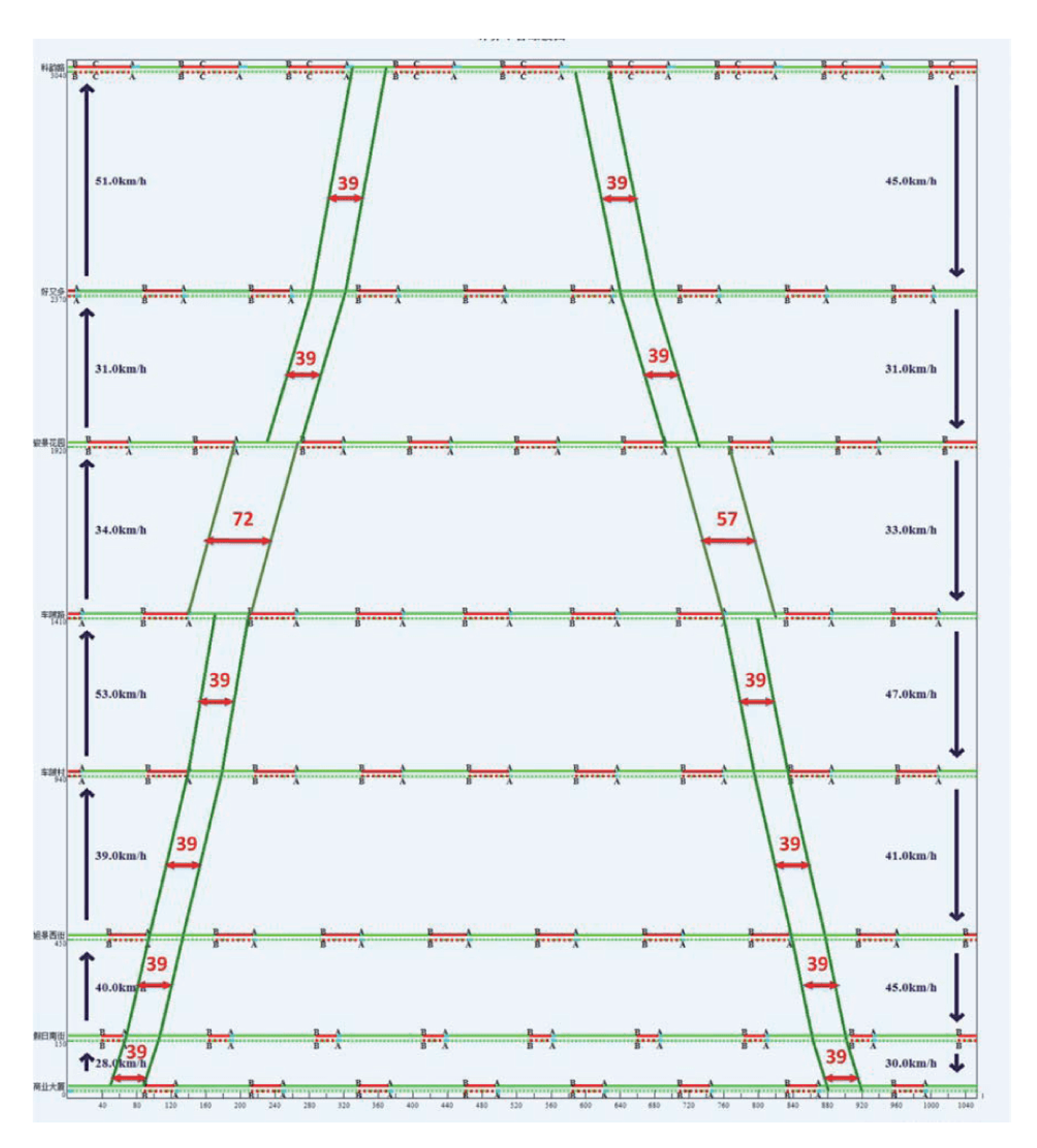


图 5-29　中山大道子区 1 时距图

（2）中山大道子区 2 配时表见表 5-30，协调方案时距图见图 5-30。

表 5-30　中山大道子区 2 配时表

序号	交叉口	A 相/s	B 相/s	C 相/s	D 相/s	E 相/s	周期/s	绝对相位差/s	相序	协调相位		设计车速/(km/h)	
										东向西	西向东	东向西	西向东
1	天府路	18	16	25	21	38	118	0	DEABC	AD	A	—	33
2	华景路	73	45	—	—	—		10	AB	A	A	30	—

注：具体相位定义详见交叉口现状配时部分，绝对相位差为各个交叉口协调方向信号绿灯起点相对于关键交叉口协调方向信号绿灯起点的时间差。

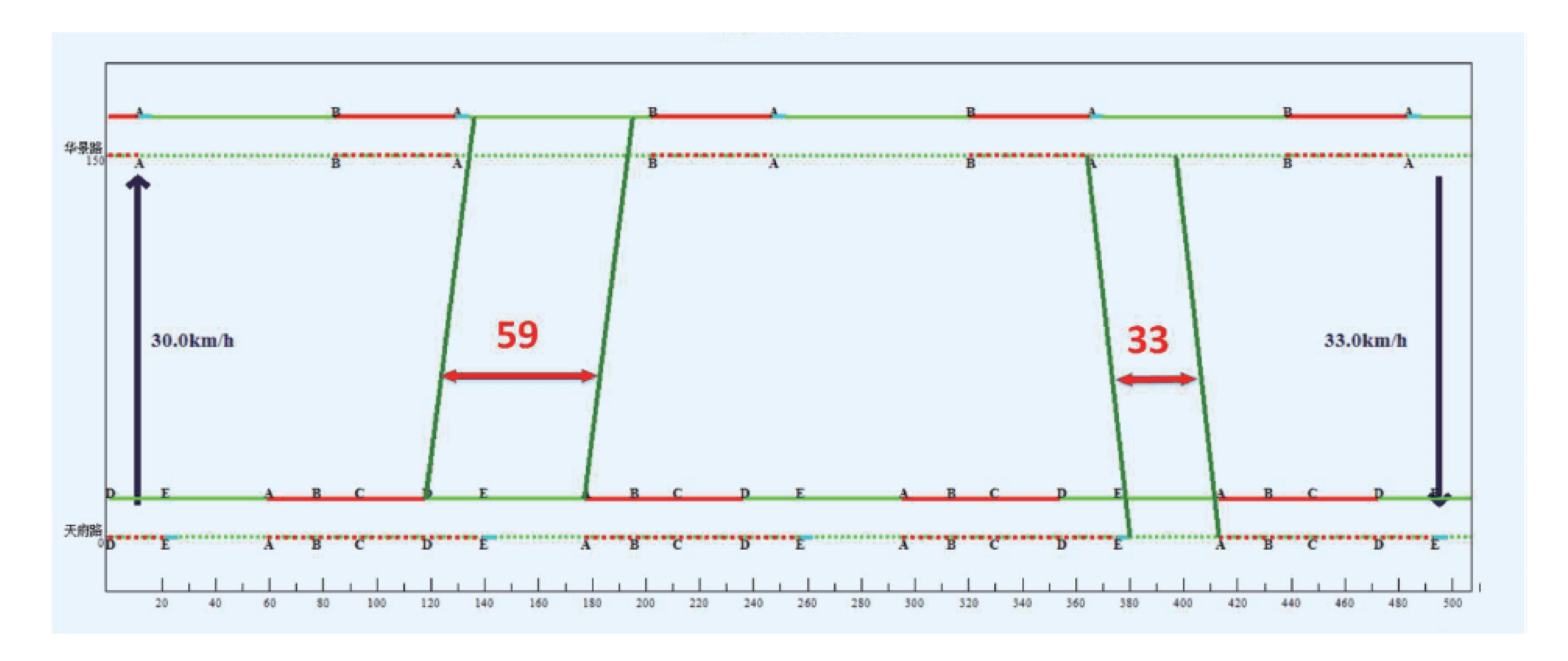


图 5-30　中山大道子区 2 时距图

方案简单介绍：

中山大道天府路至华景路两个交叉口间，因天府路两个协调方向绿信比差异较大，方案采用不对等带宽的双向协调控制，两个交叉口东向西方向的带宽为 59s，西向东方向带宽为 33s。

5. 协调控制优化方案效果评价

中山大道干线信号协调控制方案实施前后，通过现场调查停车次数、平均时间和行驶车速的数据，对方案运行的效果进行评价。

1）平均停车次数对比

协调控制方案实施前后，东向西方向停车次数由 5.8 次减少为 2.7 次，优化效果达到 53.4%；西向东方向停车次数由 6.0 次减少为 3.3 次，优化效果达到 45.0%，如图 5-31 所示。

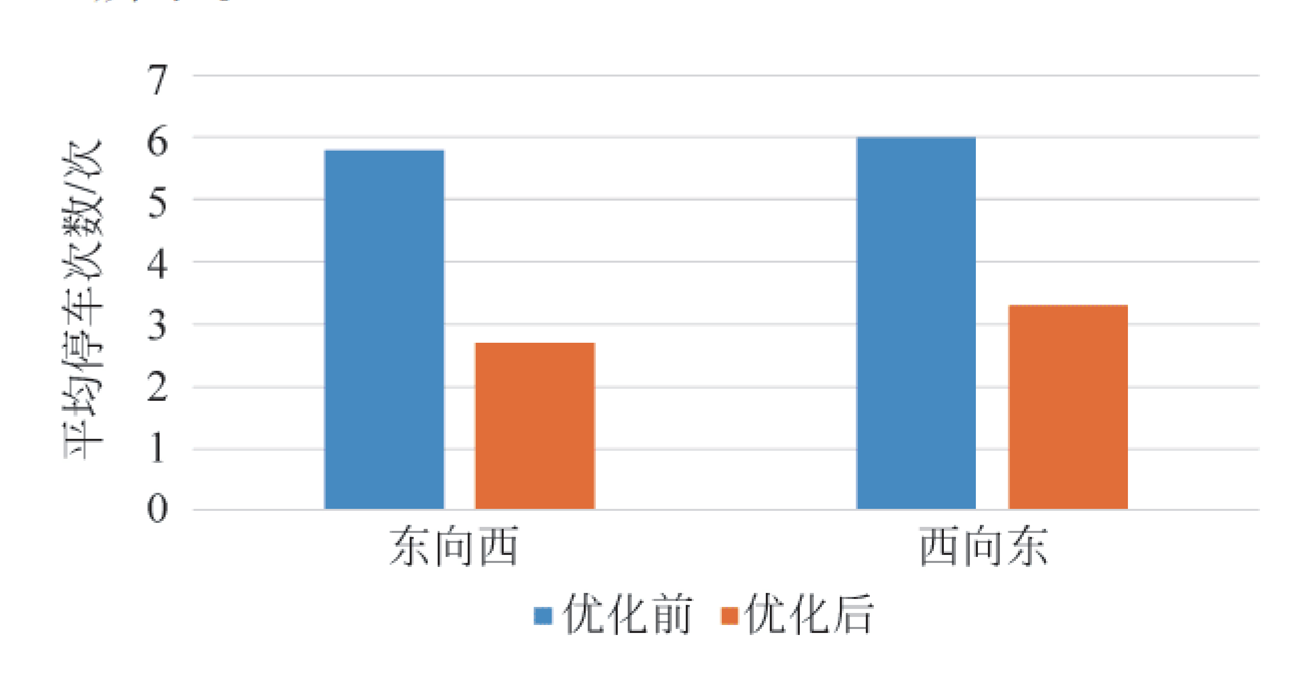


图 5-31　平均停车次数对比

2）平均行程时间对比

协调控制方案实施前后，东向西方向行程时间由 848s 减少为 768s，优化效果达到 9.4%；西向东方向行程时间由 959s 减少为 806s，优化效果达到 16.0%，如图 5-32 所示。

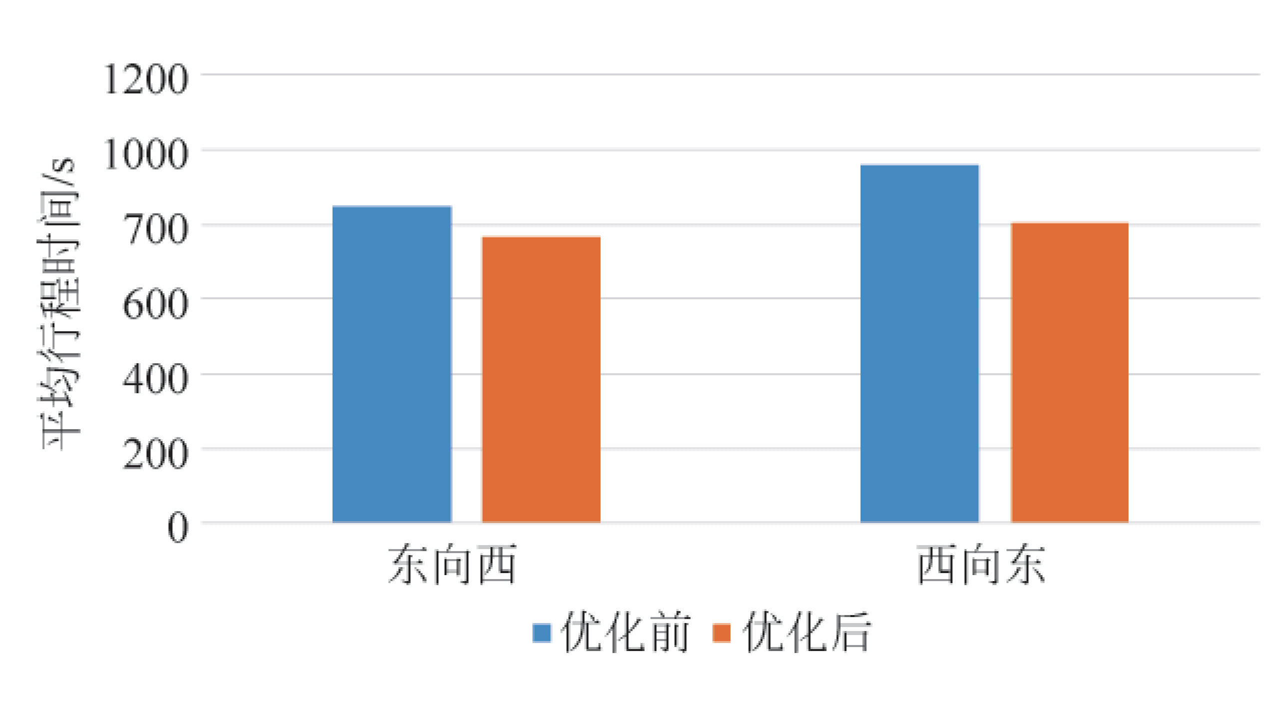


图 5-32　平均行程时间对比

3）平均行驶车速对比

协调控制方案实施前后，东向西方向行驶车速由 39.1km/h 提高为 43.4km/h，优化效果达到 11.0%；西向东方向行驶车速由 38.8km/h 提高为 42.1km/h，优化效果达到 8.5%，如图 5-33 所示。

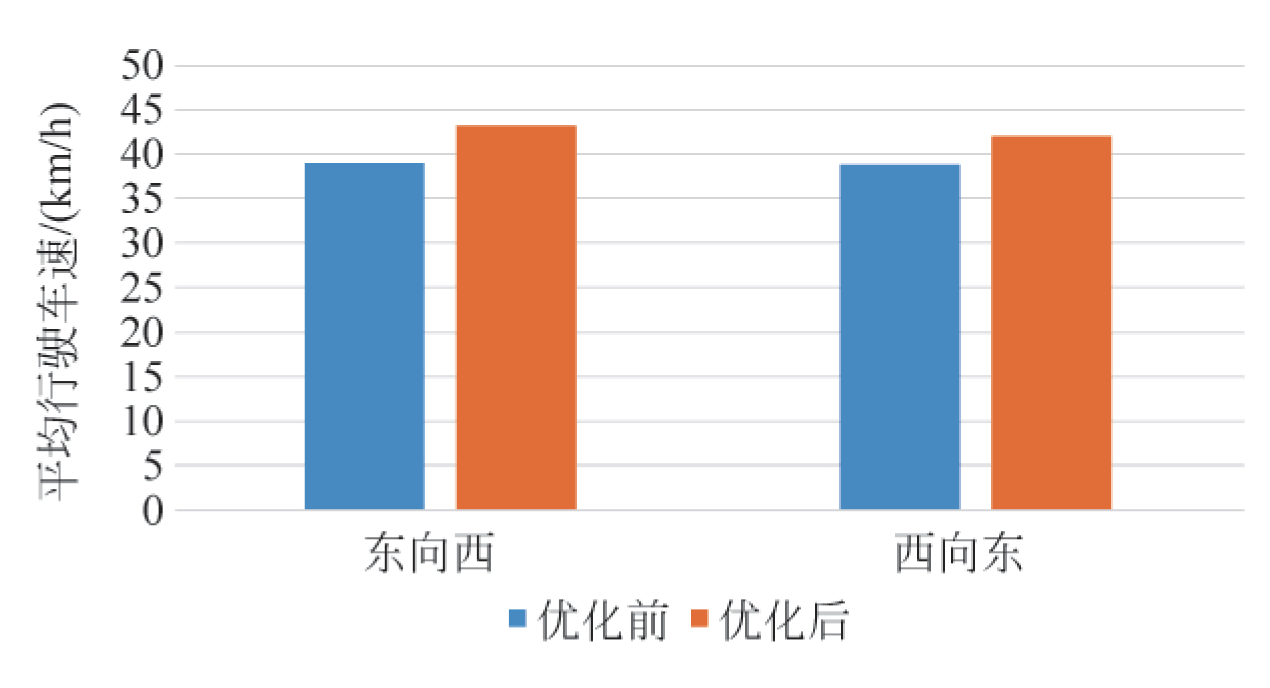


图 5-33　平均行驶车速对比

4）效果评价小结

通过以上对停车次数、行程时间、行驶车速的对比可知，中山大道干线信号协调方案实施前后，平均停车次数减少率超过 40%，效果显著。平均行程时间和平均行驶车速也都有 10%左右的优化效果。协调方案总体效果明显，道路行驶情况得到较大改善。



5.5　经验总结

根据干线协调控制的基本理论，结合 5.4 节介绍的实际案例，在进行干线协调控制的时候，除了要尽量符合干线协调控制的适用条件之外，还建议深入考虑以下几个因素：

（1）实施干线协调控制，“一路绿波”当然是理想状态，但是也需要考虑实际的交叉口通行条件、交通流饱和度、排队长度等，在饱和度较高、排队消耗较缓慢的交叉口可以适当停车，以减少下游交叉口的交通压力。

（2）在实施干线协调控制之前，建议先进行单点交叉口的信号控制优化，以保证实施干线协调控制之后，非协调方向的车流通行效率不致下降较大。

（3）在计算相位差时，建议考虑交叉口协调方向上车辆的排队消散时间，该排队消散时间可以理解为排队车辆从头车开始到队尾车辆起动所经过的时间。考虑排队消散时间可能在一定程度上缩窄绿波通过带，但是能够保证上游车辆到达交叉口时不用停车排队，畅顺地通过交叉口，实际上是提升了道路的通行能力，保证了驾驶人的行车体验。

（4）干线协调方案下发之后，会促使该路段驾驶人的驾驶行为发生改变，道路变得顺畅之后，该路段的交通吸引也会发生改变，因此干线协调控制方案下发之后还需要进行跟踪观察，必要的时候还需要做相位差的微调，以保证协调方案的实际控制效果。

（主笔：广东振业优控科技股份有限公司　林科、洪波、陈宁宁）

第6章

城市道路指路标志体系

近年来，随着城市建设进程的加快，城市土地布局的不断拓展，城市道路网络变得越来越复杂，涌现出的交通问题也越来越多。城市道路指路标志作为城市道路的重要交通设施，作为交通管理部门管理和组织交通的主要工具，已经逐渐引起人们的重视，其在引导交通、提高道路通行能力、减少城市交通拥堵和降低污染等方面发挥着越来越重要的作用。

近年来，我国在道路指路标志方面的标准规范日渐完善，《城市道路交通标志和标线设置规范》(GB 51038—2015)于 2015 年 12 月 1 日正式实施。《城市道路交通标志和标线设置规范》(GB 51038—2015)在《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)的基础上，针对城市道路交通特性进行了更为细致的规定，从而使得城市道路指路标志的设计、设置有了明确的依据。

构建系统的、完善的城市道路指路标志体系，是缓解城市交通拥堵、保障城市交通运行的重要措施。系统、完善的指路标志体系能够给驾驶人提供明确的、科学的、合理的路径指引，有效减少绕行、缓解交通拥堵，辅以先进的新型智能指路标志技术能有效地降低交通事故发生率，减轻事故严重程度。

道路指路标志也是体现道路交通服务水平的重要指标之一。提高指路标志的设计与设置水平，增强标志系统的使用功能，既有利于实现道路的现代化管理和科学化管理，又有利于提高道路的服务水平与运营效率，同时还是“以人文本”现代化理念的重要体现。

 6.1 指路标志概述

6.1.1 指路标志定义

指路标志是向道路使用者传递道路方向、地点和距离，或提供与之相交道路、著名地点、服务区等信息的标志，是道路规划、设计、建设中的重要内容，它能够保证道路使用者快速、顺畅、准确地到达目的地，是一种正确引导交通的信息载体，是保证道路交通畅通的安全设施。

我国《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)将指路标志分为：路径指引标志、地点指引标志、道路沿线设施指引标志、其他道路信息指引标志等几种。指路标志的主要功能在于指示沿途重要地点的方向和距离，在交叉路口或立体交叉前提示目的地和方向，提示道路及出口编号和方向等。完整的指路标志系统由两部分组成，在道路交叉口处包括：交叉口或出口预告标志、交叉口或出口标志和确认标志；在路段中包括：道路编号标志和地名距离标志。

指路标志的形状，除里程碑、分合流标志等外，多为长方形或正方形。其颜色，一般道路为蓝底白图案，高速公路为绿底白图案。

6.1.2 指路标志信息分类

指路标志借助标志版面，用图形、符号或文字来模拟周围的道路交通空间，并将这些信息发布出去，驾驶人以此来认知道路空间环境，确定正确的行车路线。因此，为了合理选取相关的道路信息，需要对指路信息进行分类。

指路信息设计应充分考虑驾驶人的出行心理，以便能够指引驾驶人在道路网络系统中顺利完成出行活动。指路信息分类主要包括道路信息、地点信息、方向信息、距离信息。

1. 道路信息

指路标志的作用是引导出行者顺利到达目的地，在指路标志上，道路信息是首要的。道路信息又可以分为道路名称和道路编号，在实际过程中可以根据不同的需要应用不同的道路信息。同时，借鉴国外的经验，根据交通标志数字化的原则，在进行指路标志设计时，应较多地应用道路编号，以方便驾驶人识认及节省版面。

根据道路在路网中的地位和功能，可以将道路信息分为三级：一级为骨架道路信息，主要是指国家高速公路、区域高速公路、城市绕城高速公路及城市快速路；二级为干线道路信息，主要包括国省干线公路、城市主干路及城市次干路；三级为支线道路信息，主要包括农村公路及城市支路，如图 6-1 所示。

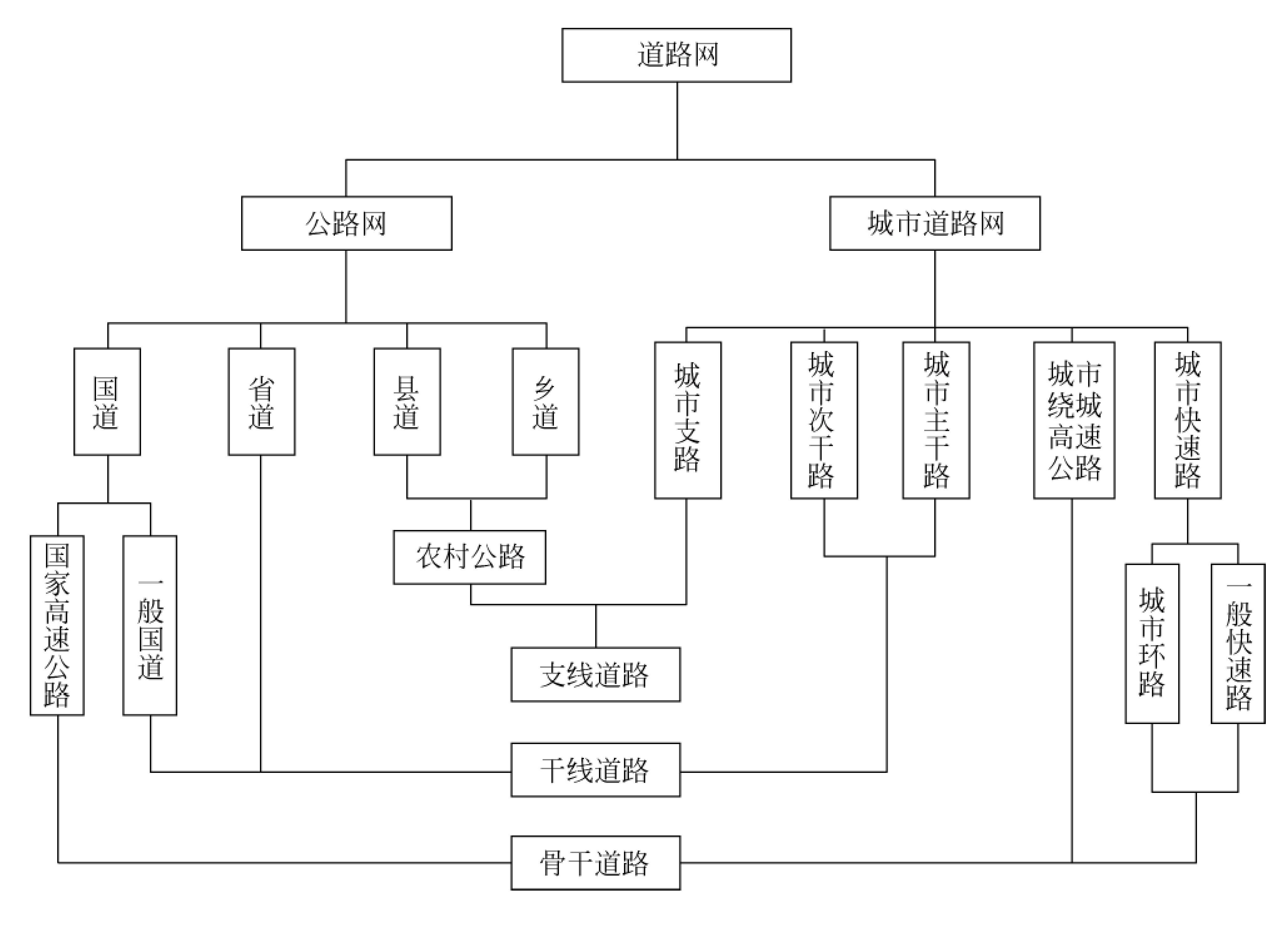


图 6-1　道路网构成

2. 地点信息

指路标志上的地点信息是用来标明出行者所关心的目的地和沿途地名，这类信息指导出行者在公路和城市道路网络中顺利完成出行活动。关于指路标志上地点信息的设置，需要设计者根据周围路网的分布和功能、土地利用布局、交通流分布、沿途交通集散情况等来合理选择。

地点信息是一个点的信息，根据所在点的路网密度、通达程度、知名度等因素，以及在实际过程中的使用频率，将指路标志的地点信息分为三级：一级为控制性地点信息；二级为重要目的地信息；三级为下一目的地信息。具体而言共包含有四类：各级行政区划名称、交通枢纽、旅游景区、重要地物。其中，各级行政区划名称是指市、区、县、镇、村；交通枢纽是指飞机场、火车站、大型公路客运站、码头等重要场所，高速公路和国道沿线的大型立交桥等；旅游景区主要是指旅游景点、自然保护区、博物馆、纪念馆等；重要地物包括产业基地、开发区和重要文化体育设施等。

（1）控制性地点

控制性地点一般是指在道路网络中交通出行量和吸引量都很大的城市，其交通出行遍及全省以及临近省份、城市或市县。在指路标志的设计中，控制性地点的名称应在与其相关的指路标志中给予连续显示，并保持相对固定。

控制性城市一般包括：①具有全国性意义的城市以及对使用此道路的车辆驾驶人有非常重要意义的区域性城市，如省会城市、直辖市、副省级城市及著名的地

级市等；②在国省干线公路中作为整条线路起终点的城市；③飞机场、省级火车站、长途汽车站及省级重要交通集散地；④国家级旅游景区、自然保护区及产业基地等。控制性地点的指路标志如图 6-2 所示。

（2）重要目的地

重要目的地是指干线公路沿线对出行者有相当吸引权重的中小型城市。主要包括：①地级城市、部分旅游城市及著名的县级城市；②地级市火车站、长途汽车站及交通集散地；③省级旅游景点、自然保护区及省级产业基地等。重要目的地指路标志如图 6-3 所示。



图 6-2　指路标志控制性地点信息



图 6-3　指路标志重要目的地信息

（3）下一目的地

下一目的地是指对驾驶人的出行吸引权重较小，具有加油、食宿等功能的小型城镇。下一目的地主要包括小县城、小城镇、城市旅游景点及居民小区等。

3. 方向信息

在交通标志设计中，方向信息主要有两种表现形式：一是箭头的形式，二是文字或字母的形式，如地理方位南、北等或 S、N 等。另外，道路沿线的控制性地点有时也传递方向的信息。

单纯的方向信息没有任何意义，它只有与地点或道路信息相结合，才具有实际的指路意义，如图 6-3 所示。

4. 距离信息

距离信息在指路标志设计中一般用“××km”来表达，它的主要作用是传递距离信息，提供给驾驶人确定目的地方位。另外，距离信息也可传递过境信息，而传递的具体距离信息意义不大，主要用来稳定驾驶人的情绪，缓解驾驶人的惧怕心理。

同样，单纯的距离信息也没有任何意义，它只有与地点或道路信息相结合，才具有实际的指路意义，如图 6-2 所示。

6.1.3　指路信息分级

指路信息的分级应当根据整个道路的路网结构及出行分布特点，以合理引导

交通流的行驶路径为前提，综合分析路网分布，根据其分布特点对路网中的信息节点和路段进行分类，将具有相同分布特点的信息归结到一起，每一类信息对应其特性组成了指路信息系统的一个级别。然后利用这些信息分类指导版面信息的选择，确保指路信息与车流方向吻合。

根据前述分析可以将指路标志信息分为三个等级：一级指路信息，包括一级地点信息、一级道路信息、距离信息及方向信息；二级指路信息，包括二级地点信息、二级道路信息、距离信息及方向信息；三级指路信息，包括三级地点信息、三级道路信息、距离信息及方向信息，如表 6-1 所示。

表 6-1　指路信息分级表

信息类型	一级指路信息	二级指路信息	三级指路信息
道路信息	高速公路、封闭式快速路、国道信息、省道信息	非封闭式快速路、主干道、重要交通节点(如大型立交)	次干路、支路
地点信息	省会城市、直辖市、地级市及著名的县级城市、大型旅游景点	城市内部重要的县、区等区域，重要集散地及著名旅游景点	小型旅游景点、公共场所及居民小区
方向信息	与地点或道路信息结合使用		
距离信息	与地点或道路信息结合使用		

6.1.4　指路标志版面

指路标志的版面布置应信息明确、无歧义、简洁美观。同类标志宜采用同一类型的标志版面。《城市道路交通标志和标线设置规范》(GB 51038—2015)中对指路标志版面信息含义的规定如图 6-4 所示。

其中，(1)标识在箭头外的信息，应为交叉口及各相交道路所能通达的道路或地点名称。

(2)箭头杆中可标识横向道路路名信息，也可同时标识当前行驶道路与横向道路路名信息，标识横向道路时宜为前方最近交叉口横向道路路名信息。

(3)可在标志版面上标识地理方向信息，地理方向信息中的方向箭头可根据道路实际方向调整旋转，但其表示方向的文字不应旋转；当标志设置在行驶方向右侧时可在其版面左上角标识地理方向信息，设置在行驶方向左侧时可在其版面右上角标识地理方向信息；当版面为复杂交叉口图形时，可视版面布置情况在左下角或右下角标识地理方向信息。



图 6-4　指路标志版面信息含义

1—前方通达的道路或地点；2—左、右方向通达的道路或地点；3—前方交叉道路；4—地理方向信息

(4) 标志版面上的路名、地名应使用标准名称。

(5) 标志版面各方向指引信息的选取,应符合《城市道路交通标志和标线设置规范》(GB 51038—2015)中关于干路、支路和快速路的规定。



6.2 城市道路指路标志体系

6.2.1 城市道路指路标志分类

《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)将指路标志分为两类:一般道路指路标志和高速公路指路标志,这种分类对指路标志的设计起到了一定的指导作用。但是,随着社会的进步,道路基础设施建设快速发展,时至今日,这种粗略分类方法的弊端日益显现。目前而言,一般道路的指路标志包含了公路和城市道路两种差异很大的体系。尤其是随着城市的快速发展,城市布局不断拓展,大型城市的城市道路体系基本上包括了绕城高速、快速路、主干路、次干路、支路五个等级,不同等级的城市道路承担的交通功能不尽相同,道路使用者的目的也不尽相同,因此配套的指路标志系统应该各有侧重。由此在指路标志的分类上需要对国标的划分进行细化。

对于城市道路指路标志系统而言,鉴于城市道路的分类较多,通过分析城市各类道路的特征,结合出行者的思维习惯,同时便于交通设计者进行指路标志的设计和交通管理部门进行交通管理、交通组织,将城市道路指路标志系统划分为一般城市道路指路标志系统、城市快速路指路标志系统和绕城高速指路标志系统。其中,一般城市道路指路标志系统包括城市主干路、次干路、支路系统(主干路、次干路、支路指路标志系统与绕城高速、快速路指路标志系统存在较大的差异,它们三者同属于城市内开放式道路,共同点较多,因此统称为一般城市道路指路标志系统);城市快速路指路标志系统包括一般快速路(非环路)和城市环路指路标志系统;而绕城高速指路标志系统可以采用高速公路标准,在此对其不做叙述。城市道路指路标志体系划分如图 6-5 所示。

6.2.2 一般城市道路指路标志系统

按照道路的交通功能和服务对象的不同,一般城市道路指路标志系统包括主干路、次干路、支路指路标志系统;但是,按照指路标志使用功能的不同,一般城市道路指路标志系统又可以划分为路径指引标志、地点指引标志、道路沿线设施指引标志以及其他道路信息指引标志。一般城市道路指路标志系统的组成如图 6-6 所示。

其中,路径指引标志又可分为城市道路平面交叉口指路标志、地点距离标志、路名标志等。

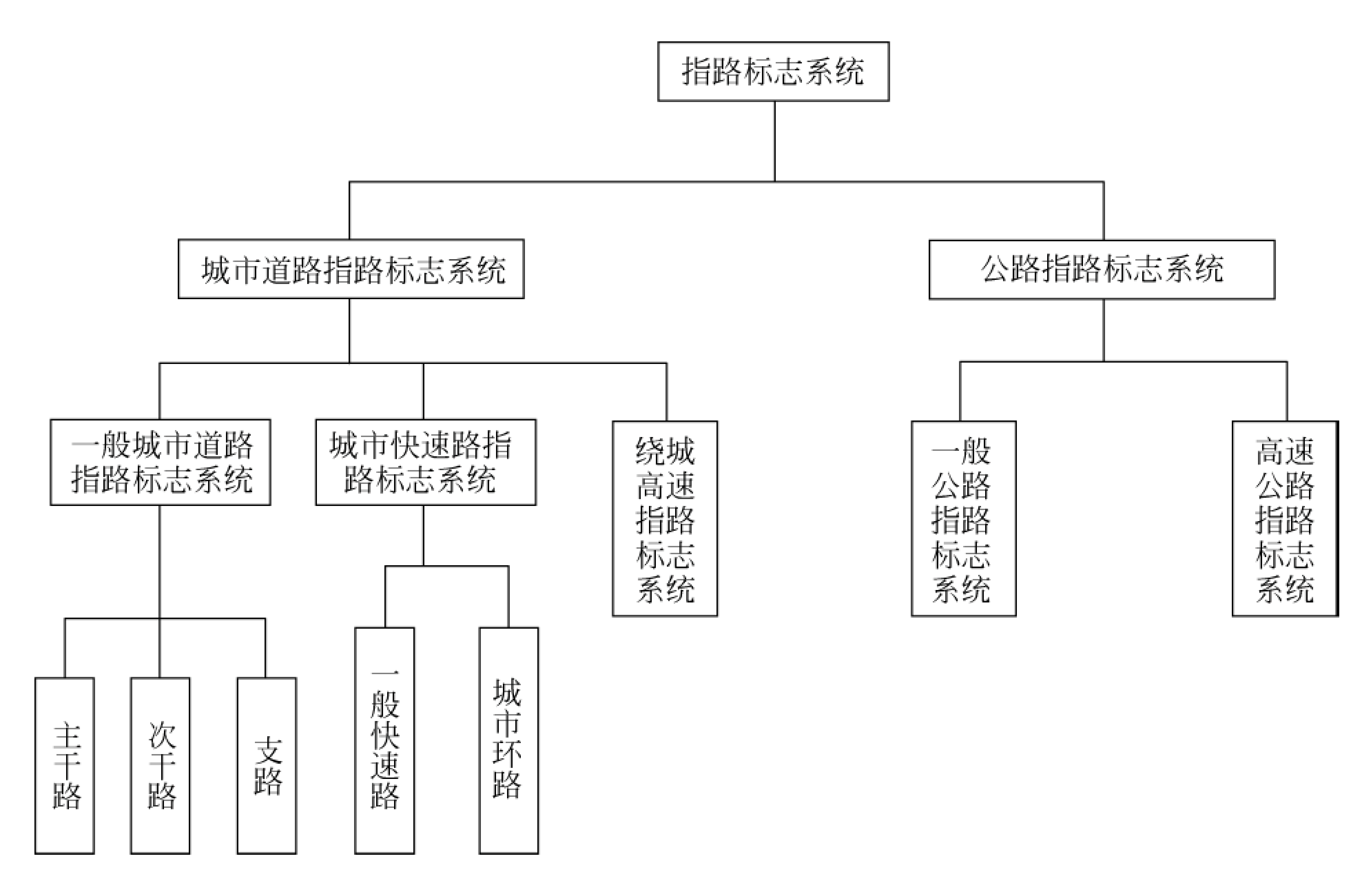


图 6-5　城市道路指路标志系统构成

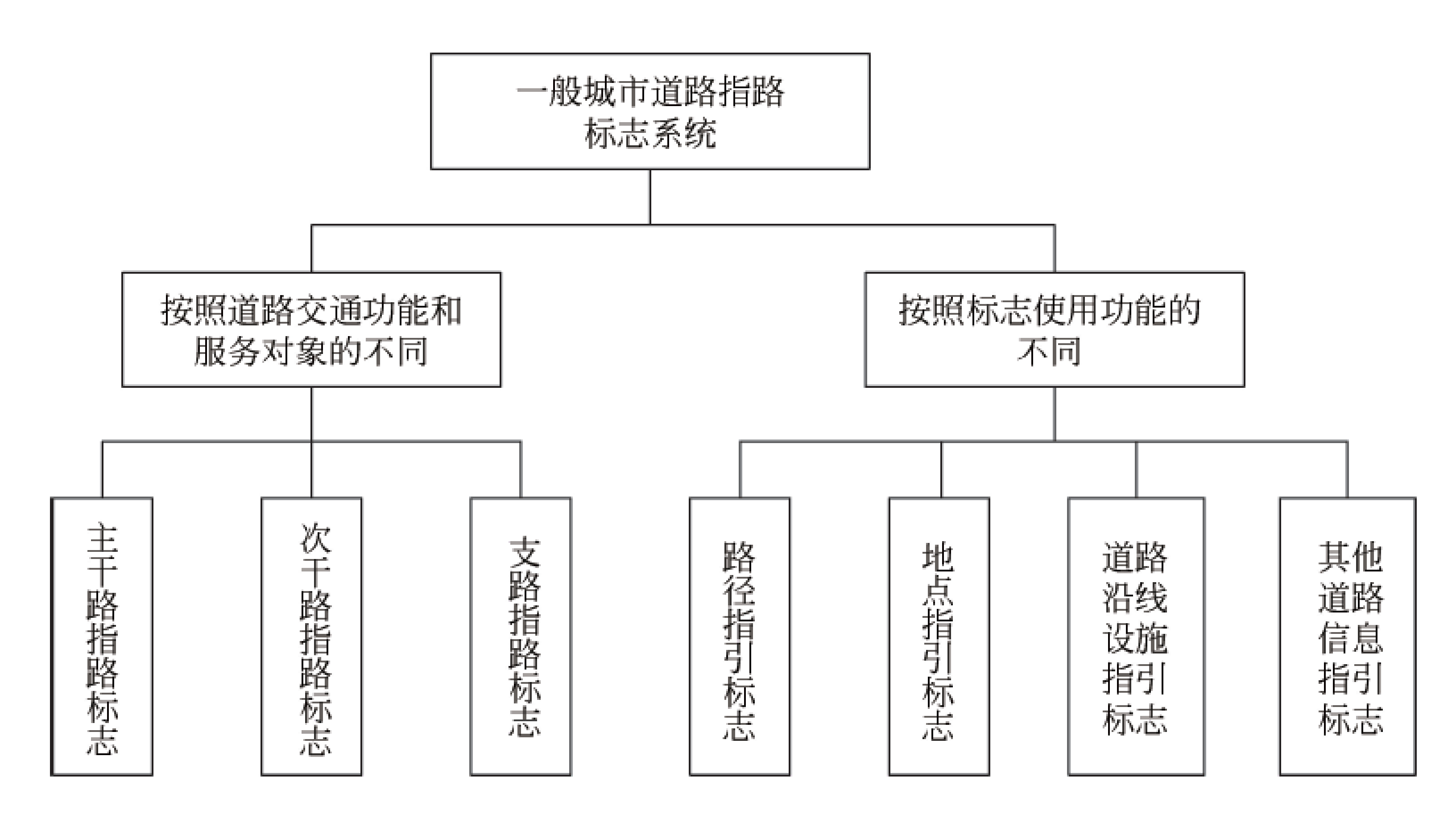


图 6-6　一般城市指路标志系统的构成

1）城市道路平面交叉口指路标志

城市道路平面交叉口指路标志主要是预告当前直接衔接道路或可到达道路地点信息的指路标志，如图 6-7 所示。

2）地点距离指路标志

地点距离指路标志的作用是预告道路前方所要通向的重要城镇的地名和距离。地点距离指路标志可分为两大类：放射线城市道路的地点距离指路标志、连接城市放射线道路的地点距离指路标志。放射线城市道路的地点距离指路标志按照功能可以划分为进城指路预告标志和出城指路预告标志。连接城市放射线道路的地点距离指路标志，预告内容为道路前方所要经过的城市主干路及重要地点的

名称和距离。地点距离指路标志的组成如图 6-8 所示。

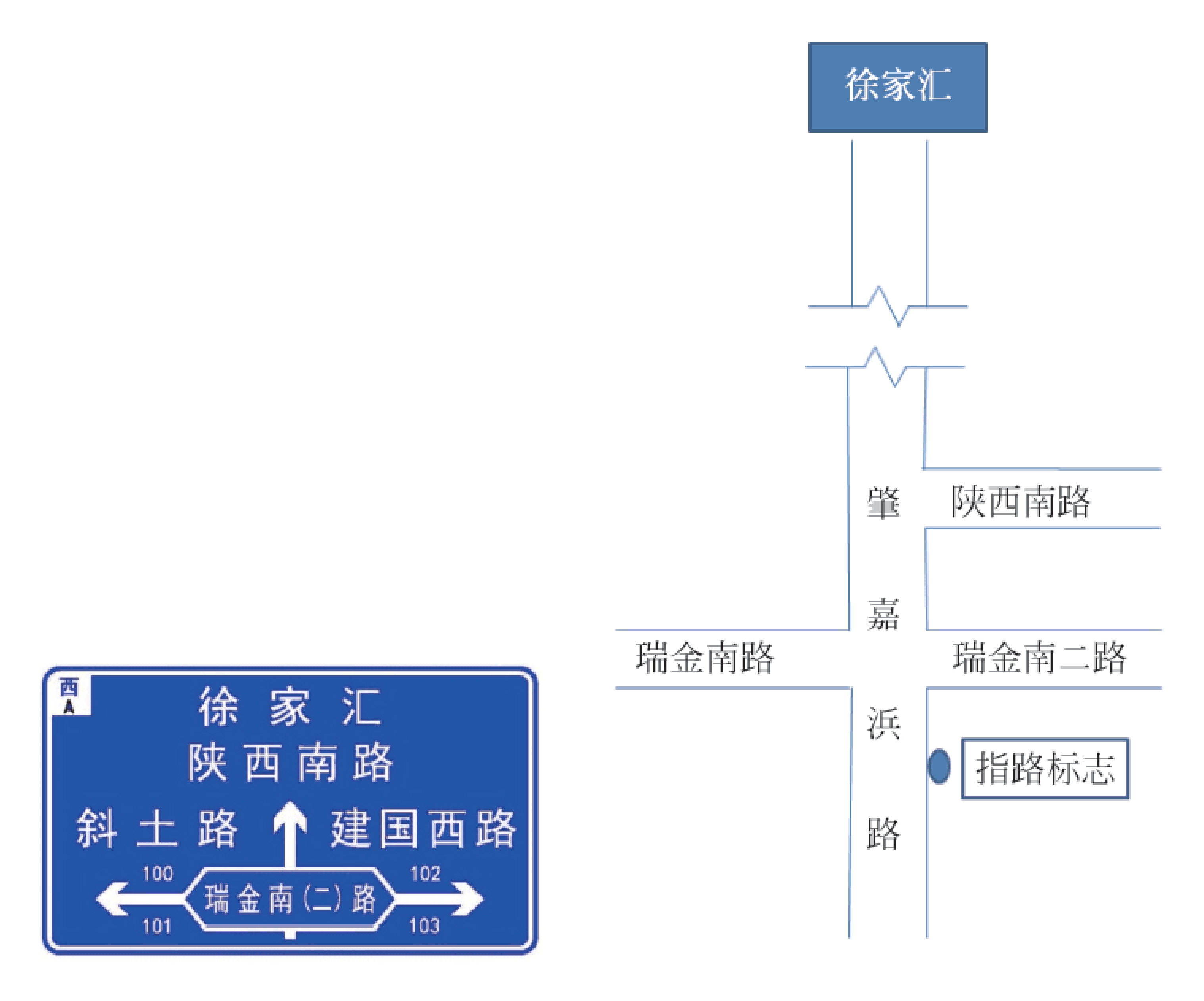


图 6-7　城市道路平面交叉口指路标志

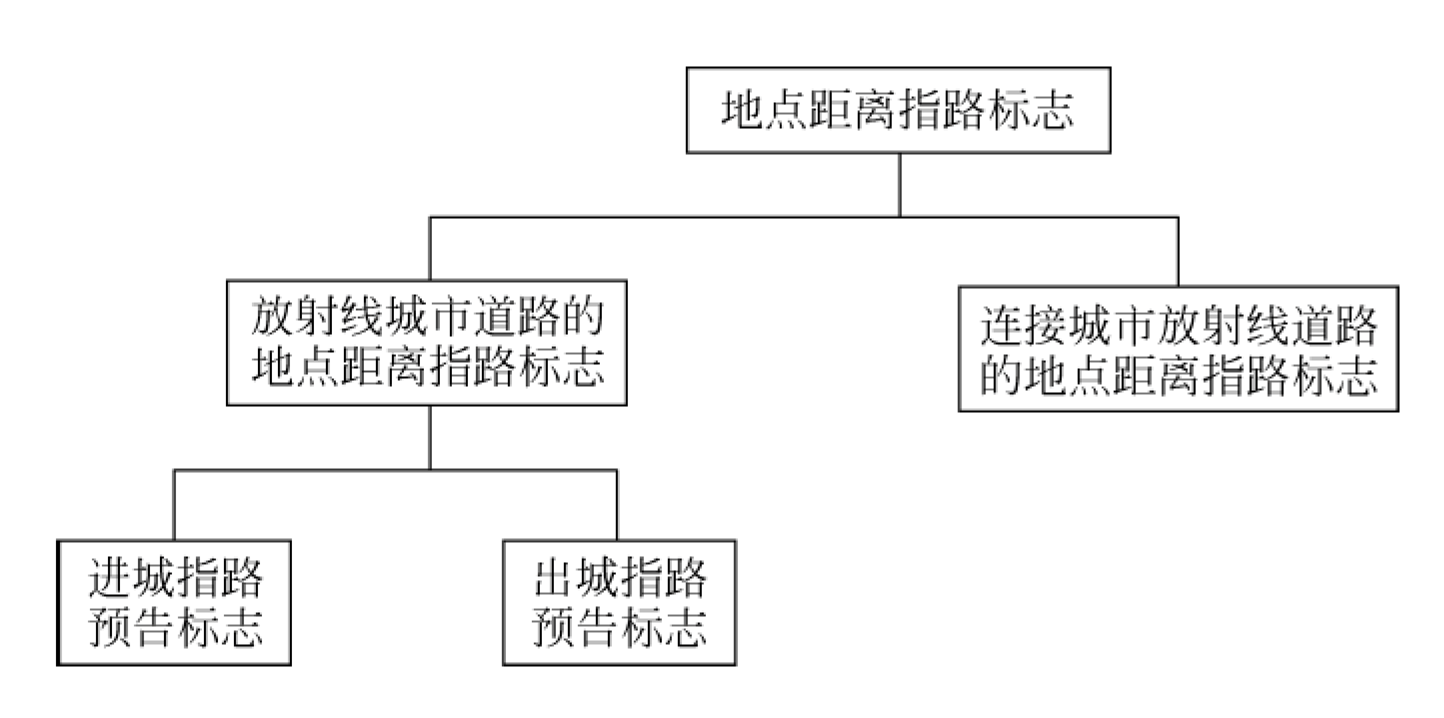


图 6-8　地点距离指路标志构成

3）路名标志

路名标志用以确认当前行驶的道路信息，包括道路名称标志和路名牌，如图 6-9 所示。

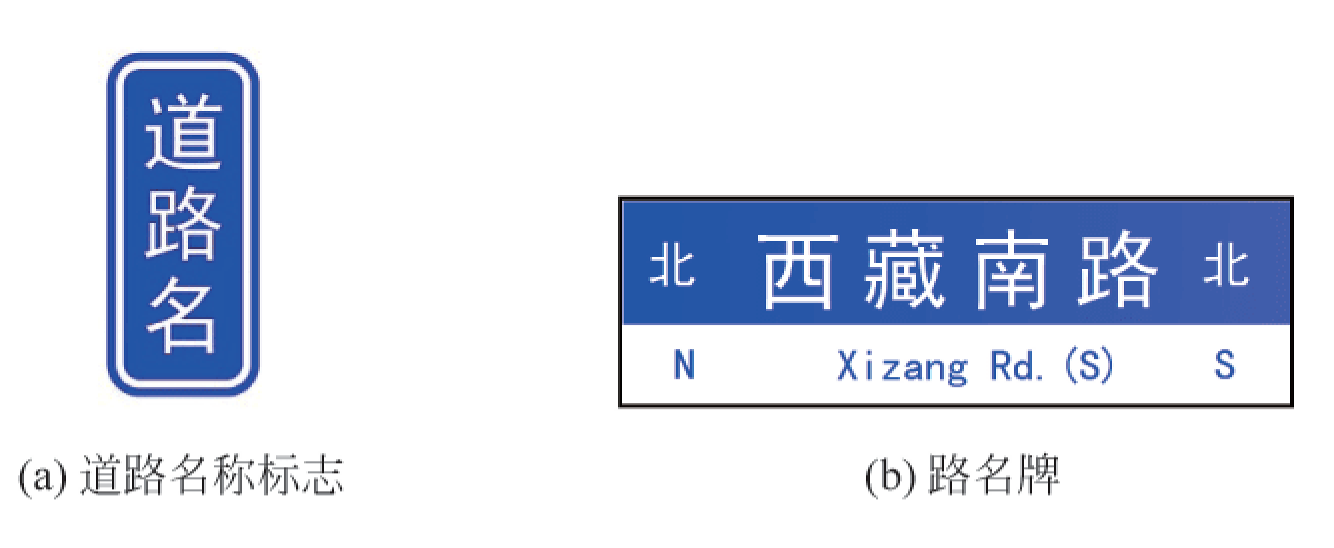


图 6-9　路名标志

6.2.3 城市快速路指路标志系统

城市快速路配套服务设施虽然比高速公路低一些，但是从总体上来看，其运行方式与高速公路比较接近，指路标志的设置与高速公路也有很多相似之处。按照城市道路的交通功能和服务对象，城市快速路分为一般快速路（非环路）和环路；按照指路标志的使用功能，城市快速路指路标志系统可分为导入标志、导出标志、路段预告标志三类。

城市快速路指路标志必须成套设置，形成系统性。根据指路标志设置位置及引导功能的不同，并结合各类型指路标志传递信息的特点，将城市快速路指路标志系统细化分为以下六种类型，如图 6-10 所示。

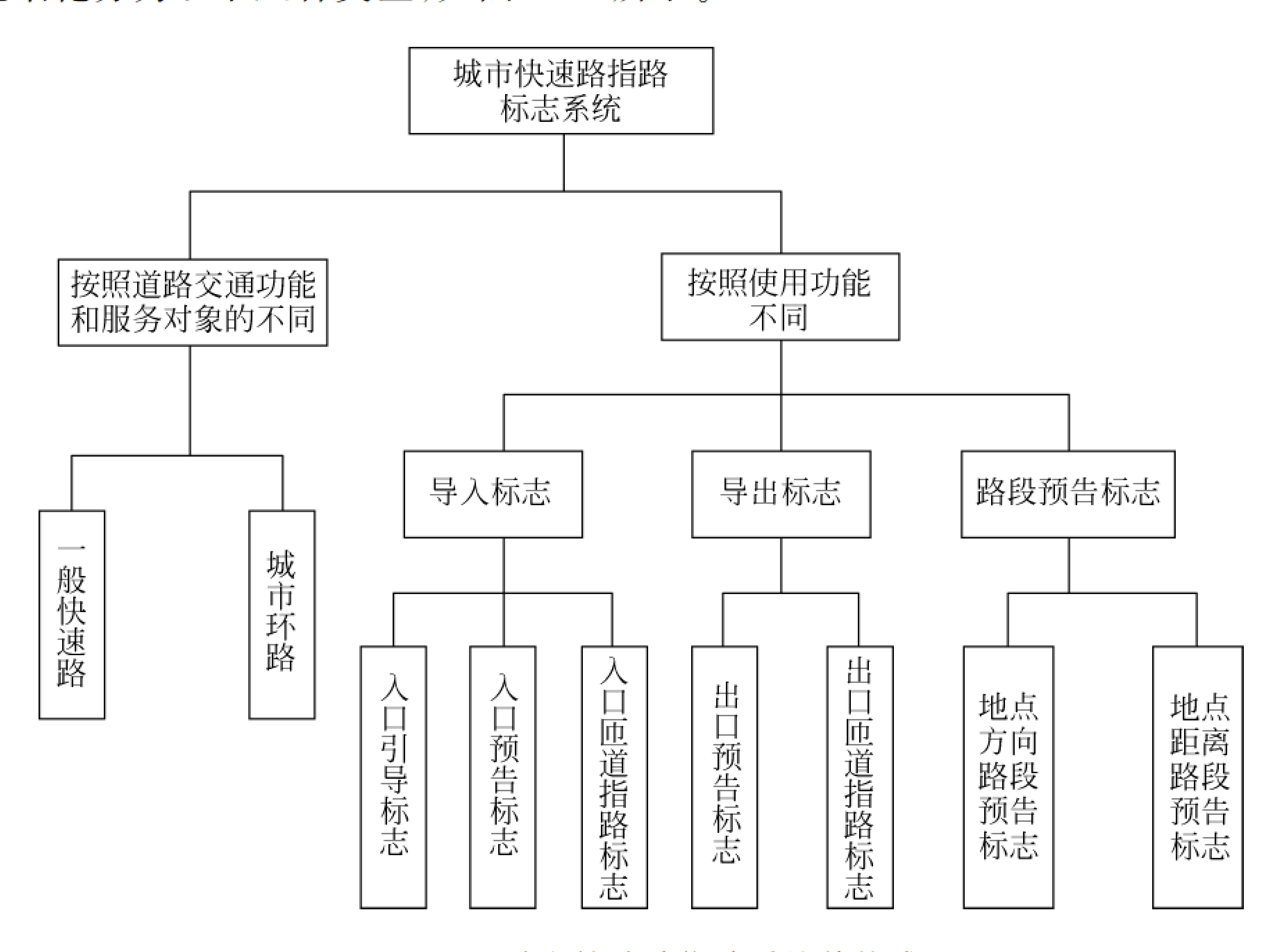


图 6-10 城市快速路指路系统的构成

（1）入口引导标志：快速路入口邻近一定范围内道路网络系统中，在与快速路入口相衔接道路上设置的引导车辆到达快速路入口的指路标志，如图 6-11 所示。



图 6-11 城市快速路入口引导标志

（2）入口预告标志：在城市快速路入口起点处设置的预告城市快速路名称、预告可到达的地点或道路信息的指路标志，如图6-12所示。



图6-12　城市快速路入口预告标志

（3）入口匝道指路标志：在立交范围内的入口匝道分岔口处设置的预告地点及道路行驶方向信息的指路标志，如图6-13所示。



图6-13　城市快速路入口匝道指路标志（左侧为快速路入口）

（4）出口预告标志：在距离出口2km、1km、500m，以及减速车道起点、出口分岔口处连续设置的预告，该出口可到达的地点或道路信息的指路标志，如图6-14所示。

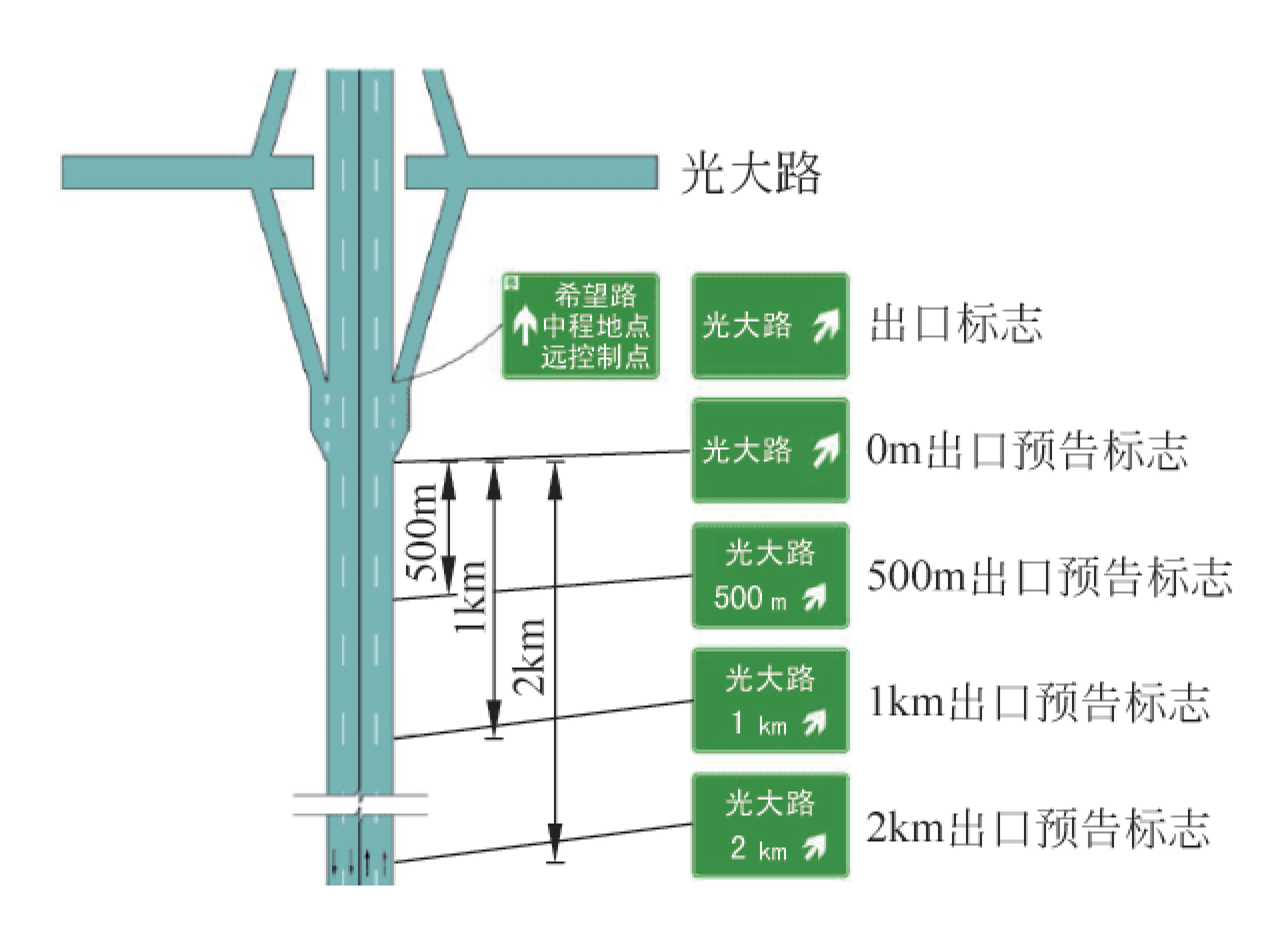


图6-14　城市快速路出口预告标志（出口间距大于2km）

（5）出口匝道指路标志：在互通立交范围内的出口匝道分岔口处设置的预告地点及道路行驶方向信息的指路标志，如图6-15所示。

（6）路段预告标志：在主线路段上设置的预告前行方向可到达的地点或道路

信息的指路标志,包括地点方向路段预告标志和地点距离路段预告标志,如图 6-16 所示。



图 6-15 城市快速路出口匝道指路标志

图 6-16 城市快速路路段预告标志



6.3 指路标志系统设置原则

6.3.1 目前指路标志设置存在的问题

根据多年来对我国城市指路标志的调查研究,目前我国城市指路标志系统主要存在的问题有如下几大方面。

1. 指路标志系统与道路网络的适应性问题

1) 指路标志在路网功能方面存在的问题

指路标志是给道路使用者传递道路方向、地点、距离等信息的交通标志,在交通管理工作中起着重要的作用,现在很多城市的指路标志系统由于缺乏及时的更新和完善,以至于不能适应道路网络的动态发展,影响了路网整体功能的发挥,主要表现在以下几方面。

(1) 未能充分发挥引导功能

指路标志系统在城市道路网络中应为交通参与者提供直接准确的引导服务,发布最佳行车路线,减少车辆路程与时间消耗。但是现在很多城市的指路标志系统未能提供清晰的引导路线,影响了路网整体功能的发挥。具体表现为:

① 预告信息缺乏代表性,层次不高,未能起到引导车流的作用;

② 标志信息不足,遗漏重要信息,未能凸显道路的快速疏导功能;

③ 指路标志存在点位设置不足、不合理、分布不均,牌面信息内容不统一、表现形式不规范等问题,欠缺衔接引导的作用。

（2）未能充分发挥均衡车流的作用

很多城市的指路标志系统在设计时未从均衡城市路网流量、提高路网运行效率的角度出发，使得指路标志系统未能充分发挥均衡路网车流的作用。通过对指路标志信息的合理设计或调整，根据实际需求，按照城市道路交通管理者的设计引导车流进行路网流动，从而使饱和度高的路段流量递减，闲置的道路资源得到充分利用，城市路网中的流量得到有效均衡。

2）指路标志在交通组织方面存在的问题

（1）指路标志与交通组织的不协调性

现有部分指路标志虽然提供了相应转向的道路信息，但实际的交通组织并不允许车辆进入，出现了信息指示与交通组织意图不协调的现象，特别是禁令标志与指路标志分开设置时更易引起误导，因此有必要处理好两者的相互联系。

（2）单向交通组织的指引不足

不少老城区的道路由于宽度不足、车流量比较大等原因采用了单向微循环系统，交通组织比较复杂。一般在进入单向组织道路前设置了交叉口指路标志及禁行标志，其中少部分设置了绕行指路标志，但大部分点位缺乏绕行指引，导致不熟悉路网的驾驶人不知道如何才能绕行进入禁行道路。

（3）分岔处指示不清

随着城市道路网络的发展，平面交通基础设施难以满足交通需求的增长，高架、立交等形式被广泛采用，出现了大量的路段立交分岔处，而分岔点的指路标志应清楚告知驾驶人不同行驶方向可到达的目的地。但部分点位的分岔处指路标志未能达到使用要求，方向及目的地指示不清，导致驾驶人走错路。

3）指路标志的点位设置问题

（1）缺乏重点部门、大型公共建筑及旅游景点等信息的指示

在市区内除了机场和火车站等大型交通枢纽，会展中心、大型体育场馆等设有部分指路标志外，诸如重要政府机关单位、大型医院、重点高等院校、重要文体设施、著名旅游景点等指路信息比较缺乏，对于居民的出行、便民服务设施的使用、城市文化特色的体现都造成了一定的影响。

（2）部分点位缺少指路标志

① 部分交叉口缺少指路标志

城市道路网络的交叉口众多，为了防止车流在临近交叉口的导向车道前发生混乱，一般需要提前设置指路标志。交叉口指路标志预告前方交叉口的形状和去向，为道路使用者提供合理的指引。但目前很多城市还存在部分重要交叉口尚缺少指路标志的情况。

② 不规范增设标志

由于路网或周边区域环境发展变化后，原标志牌的信息量不能满足需求，因而随意地增设一些小型标志牌作补充，甚至增设了一些带有商业广告性质的标志牌，

这些标志牌大多不符合指路标志系统的规范要求。

（3）更新协调

① 牌面信息未及时更新

城市道路网络的发展是一个动态的过程，作为道路附属设施的指路标志应进行同步更新，但部分早期设置的指路标志牌没有因路名或地名的改变、新建道路的开通而及时更新牌面信息，指路信息的过期给道路使用者带来不便。

② 标志牌超出使用年限

部分指路标志已明显超出设计规定的使用年限，牌面的字体图案难以辨清，影响了指路标志指示信息的引导效果。

（4）牌面内容随意涂改

由于预告范围增减路名或地名信息，仅在指路标志牌面上随意涂改信息内容，造成指示信息不清晰，严重影响了指路标志的视觉效果。

4）视认性方面现状

（1）标志牌互相遮挡

指路标志牌需有一定的视认距离，若前后相邻两个同类型的标志牌设置距离过近将导致标志牌互相遮挡。

（2）标志牌被绿化遮挡

大量绿化树木在使城市环境得到显著改善的同时也造成了部分标志牌被绿化树木遮挡的现象。

2. 指路标志系统组成要素存在的问题

1）牌面信息内容方面

（1）信息的选取缺乏层次

部分城市的现状指路标志系统的信息选取缺乏层次性，没有形成合理的信息分级体系，主要体现在以下几方面。

① 预告信息不强

指路标志牌上选择的信息方向代表性不强，层次不高，与车流的运行不吻合。

② 信息未经分级筛选，遗漏重要信息

城市区域需要预告的交通信息众多，而部分城市目前尚未建立层次分明的信息分级体系进行全面筛选，比较容易遗漏部分重要信息。

（2）信息发布缺乏连续性

① 相邻标志牌的信息前后不连贯

指路信息在路网范围内应该保持连续性，构成完整的信息链条。驾驶人按照指路标志的指引前进的过程就是对指路信息的追逐过程，如果指路信息发生了突然中断或突变，可能会导致驾驶人茫然无措，对选择的路线产生怀疑，从而对道路的顺畅和行车安全造成一定的影响。

② 封闭式道路入口信息与主线前行出口信息不匹配

在封闭式道路入口标志牌上出现的预告信息应在主线前行指路牌以及某一出口指路牌上再次出现，有入必有出，从而对车流进行有效的引导，但目前部分城市有部分指路标志造成了封闭式道路易入难出的局面。

③ 信息引导缺乏合理性

指路标志的信息选取必须是经过合理的筛选，从路网整体角度考虑，尽量形成系统的信息链，引导交通参与者使用最合理的路线，起到疏导和平衡路网交通的作用。但部分城市指路标志系统往往存在信息发布缺乏连续性、引导缺乏合理性的问题。

④ 信息量不足或过载

一方面，现有部分指路标志牌面提供的信息量较少，没有充分利用牌面富余部分来增加更多的交通信息。指路信息比较单一，使得驾驶人尤其是外地驾驶人从指路标志系统中获取的指路信息有限。

相反地，同时也存在部分指路标志牌面提供的信息量过载的现象。在同一地点的标志牌上出现的指路信息过多，驾驶者很难在短时间内阅读并获取所有的信息，造成视觉上的疲劳。

2）牌面表现形式方面

指路标志是通过版面内容把交通信息传递给道路使用者，所以信息表现的效果直接影响到整个标志的使用效能，但目前部分城市的指路标志在版面排版、颜色选用、中英文对照等方面均存在一些不足之处。

6.3.2 指路标志设置原则

交通标志设置的最终目的是为了给道路使用者提供及时、准确的道路信息，以便于道路使用者在合理的时间和地点采取相应的措施，达到相应的行驶目的，进而保证交通流的顺畅。为了能够以最佳的视觉效果来实现这些信息的传递过程，交通标志的设置必须能够具有以下基本原则。

1）指路标志系统与道路网络功能需要相互协调

城市道路指路标志系统应根据道路网络的变化进行及时的更新和完善，以便完全适应道路网络的动态发展，从而促进城市路网整体功能的发挥，主要有：

（1）充分发挥出行路径引导功能

指路标志系统在城市道路网络中应为交通参与者提供直接准确的引导服务，发布最佳行车路线，减少车辆的路程与时间消耗。同时，预告信息要富有层次，标志设置的地点合理、分布均匀，牌面信息内容统一、合理，表现形式规范，凸显道路的快速疏导功能。

（2）充分发挥均衡车流的作用

深入调查城市内部主要道路的功能特征，根据道路特征引导车流与人流，充分

利用饱和度较低的道路进行分流，降低饱和度高的路段流量，均衡城市路网内的交通流。

2）充分发挥交通组织的作用

道路交通组织的目的在于充分发挥现有道路网络的效能，合理协调局部利益和整体利益之间的关系，提供适宜的运行条件，解决整个道路系统中交通流分布不均衡，流量和流向不合理等问题，最大限度地消除交通事故隐患，改善交通秩序及组织优化交通流，实现道路的安全与畅通。因此，在指路标志设置中应该充分发挥交通组织的作用，最大程度上提高交通组织的效果。

3）规范性原则

指路标志作为公众信息载体，要求用以反映信息的语言、文字、图形、符号等必须采用国家相关的规范和标准，保证人们对其所传递的信息的接受性和理解性，而不能随心所欲独立创造出一些产生负面影响的特殊符号。另外，针对某个城市而言，标志设计的风格也应保证其规范统一性，否则，花样繁多的设计会使驾驶人产生眼花缭乱的感觉，对标志规律的把握带来较大的负面影响。

4）层次性原则

按照层次设置指路标志的原则，即在确定城市道路等级和功能的基础上，划分层次，按各层统一的设置方法设计指路标志内容和样式。道路等级不同，设置的指路标志的版面即标志大小和样式要求也就不同，按各层统一的设置方法，使各层的标志设置版面大小、文字安排保持一致，交通参与者在识别时将更加明确所指内容。

5）易见性、易读性原则

易见性是指路标志的基本要求之一。指路标志是通过人的视觉来实现信息的传递，因此要求标志在道路空间环境中能给道路使用者在视觉上产生一定程度冲击。同时还要求指路标志在满足自身的一些特征如颜色、尺寸、设置距离之外必须具有明显的区别性，必须能够明显地与广告牌、海报等设施区别开来，而且不能被树木、建筑物等遮盖。

易读性就是标志能够快速、明了地传递相关信息，能够很快让驾驶人读懂。达到易读性一方面要求交通标志使用的文字和图形符号必须简单、直接，易于理解和接受，同时对指路标志的信息量有一定的要求。如果标志的信息量与信息密度过大，会造成视觉的劣性刺激，影响标志设计和设置的功能与效果；如果标志的信息过于复杂，驾驶人需要在众多信息之间进行选择、确认和记忆，则驾驶人很难在短时间内进行定位和定向；如果标志的信息过于简单，则又会让人难以获得相应的必备信息。所以，易读性要求交通标志应该具有科学合理的信息量。

6）兼顾性原则

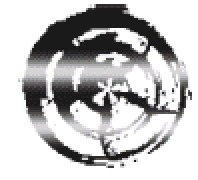
指路标志的服务对象是所有的交通参与者，因此，除了满足驾驶人的要求外，还要兼顾其他出行者。同时，作为现代化城市的指路标志，还要兼顾外国人员使用

的需求。所以，指路标志在合理选取指路信息的同时，一方面，标志文字需要同时采用中文和英文两种语言，另一方面，应该尽量采用国际标准惯用符号，以便符合各国人员的识认和理解习惯。

标志的兼顾性设计要求，不仅是道路交通服务质量的一种具体体现，也是“以人为本”设计理念的根本要求，同时也是国际性大都市城市文明的标志之一。随着城市对外交流与合作的机会不断扩大，标志的兼顾性设计效果会逐渐体现出来。

7）有序服务原则

指路标志不应是被发现、被寻找出来的，而应是交通心理预期的、是为交通主体主动提供的程序化服务。这就要求随着交通主体的前进，在交通境况变化之前应有预警和提示。在交通境况变化地点，交通标志应有规律地出现，其设置不应是杂乱无章的，出现次序也不应是前后颠倒的。



6.4　城市道路指路标志的设置方法

6.4.1　一般城市道路指路标志的设置

1. 一般城市道路指路标志分类

一般城市道路指路标志按标志的功能分为路径指引标志、地点指引标志、道路沿线设施指引标志、其他道路信息指引标志。其中路径指引标志设置在一般道路交叉口前后，其他类型指引标志设置在一般道路路段上。

(1) 路径指引标志：交叉口预告标志、交叉口告知标志、确认标志。

(2) 地点指引标志：地名标志、著名地点标志、分界标志、地点识别标志。

(3) 道路沿线设施指引标志：停车场(区)标志、错车道标志、人行天桥标志和人行地下通道标志、残疾人专用设施标志、观景台标志、应急避难设施(场所)标志。

(4) 其他道路信息指引标志：绕行标志、此路不通标志、车道数变少标志、车道数增加标志、交通监管设备标志、隧道出口距离预告标志、线形诱导标志、里程碑、百米桩、公路界碑。

2. 一般城市道路指路标志设置

一般城市道路指路标志的设置，可按下列五个步骤进行。

(1) 确定指路标志信息分层。根据路网内主要道路、交通节点以及重要地区等信息，按照表 6-2 的规定进行信息分层。

(2) 按设置的道路等级，将路径指引标志分为 3 类，见图 6-17～图 6-19。Ⅰ类路径指引标志指示前进方向 2 个目的地信息(近信息、远信息)，Ⅱ类路径指引标志指示前进方向 1 个目的地信息(近信息)，Ⅲ类路径指引标志仅指示前方相交道路路名。

表 6-2　城市道路指路标志信息分层表

信息类型	A层信息	B层信息	C层信息
路线名称信息	高速公路、国道、快速路	省道、主干路	次干路、支路
地区名称信息	重要地区（城市中心区、市政府、大学城区、大型商业区、城市休闲娱乐中心区、著名地区等）	主要地区（大学、重要商业区、大型文化广场、中型商业区、主要生活居住区等）	一般地区（重要街道、一般生活居住区）
交通枢纽信息	飞机场、特等或一等火车站	二等或三等火车站、长途汽车总站、大型环岛、大型立交桥	重要路口
文体、旅游信息	国家级旅游景区、自然保护区、大型文体设施	省、市级旅游景点，自然保护区、博物馆、文体场馆	县（区）级旅游景点、博物馆、纪念馆、文体中心
重要地物信息	国家级产业基地、大型城市标志性建筑	省、市级产业基地，市级文体场馆、科技园	县（区）级产业基地和企业，县级文化中心



图 6-17　Ⅰ类路径指引标志

图 6-18　Ⅱ类路径指引标志

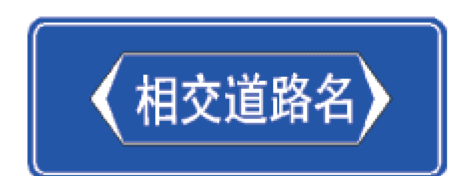


图 6-19　Ⅲ类路径指引标志

（3）交叉口指路标志的布设。根据交叉口各相交道路的等级，按表 6-3 的规定设置交叉口指路标志；选取适当信息写入指路标志，进行指路标志的版面设计。交叉口路径指引标志版面信息按表 6-4 进行选取。

表 6-3　交叉口路径指引标志的设置

主线道路	被交道路					
	主干路		次干路		支路	
交叉口信控条件	信控	非信控	信控	非信控	信控	非信控
主干路	Ⅰ、（Ⅱ）	Ⅰ、（Ⅱ）	Ⅰ、（Ⅱ）	Ⅰ、（Ⅱ）	Ⅱ、（Ⅲ）	（Ⅱ）、Ⅲ
次干路	（Ⅰ）、Ⅱ	（Ⅰ）、Ⅱ	（Ⅰ）、Ⅱ	（Ⅰ）、Ⅱ	Ⅱ、（Ⅲ）	（Ⅱ）、Ⅲ
支路	Ⅱ、（Ⅲ）	（Ⅱ）、Ⅲ	Ⅱ、（Ⅲ）	（Ⅱ）、Ⅲ	（Ⅱ）、Ⅲ	Ⅲ

注：表中不带括号的类型为优先选择类型；带括号的类型适用于条件限制或特殊需求情况下选择的版面类型。

表 6-4　交叉口路径指引标志信息要素选择配置表

标志所在位置 / 道路等级	主线道路	被交道路		
		主干路	次干路	支路
主干路	(A 层)、B 层、C 层	(A 层)、B 层、C 层	(A 层)、B 层、C 层	(B 层)、C 层
次干路	(A 层)、B 层、C 层	(A 层)、B 层、C 层	(A 层)、B 层、C 层	(B 层)、C 层
支路	(B 层)、C 层	(A 层)、B 层、C 层	(A 层)、B 层、C 层	(B 层)、C 层

注：1. 表中不带括号的信息为优先选择的信息；带括号的信息适用于无优先信息时，可根据需要作为选择的信息；

2. 当接近首选信息所指示的地点时，该信息作为第一个信息，如需选取第二个，则仍按本表的顺序筛选。

(4) 路段指路标志的布设。针对路段存在需要指引的地点信息、沿线设施信息以及其他道路信息，设置相应指路标志。

(5) 路网指路标志的协调布设及与其他交通标志的组合。城市整体路网中的指路标志，信息选取的标准应统一；根据路网特点，协调指路标志的设置位置和间距，确保一般道路以及与快速路之间的路径信息连续、呼应；指路标志与其他交通标志组合时，应便于识认，不产生歧义。

6.4.2　城市快速路指路标志的设置

1. 城市快速路指路标志分类

城市快速路指路标志按照标志的功能分为路径指引标志、沿线信息指引标志、沿线设施指引标志。

(1) 路径指引标志：入口指引标志(入口预告标志、入口处地点、方向标志、命名编号标志、路名标志)，行车确认标志(地点距离标志、命名编号标志、路名标志)，出口指引标志(下一出口预告标志、出口预告标志、出口标志及出口地点、方向标志)。

(2) 沿线信息指引标志：起点标志、终点预告标志、终点提示标志、终点标志、著名地点标志、分界标志、交通信息标志、里程碑和百米牌、停车领卡标志、车道数变少标志、车道数增加标志、交通监控设备标志、车距确认标志、特殊天气建议速度标志、隧道出口距离预告标志。

(3) 沿线设施指引标志包括紧急电话标志、救援电话标志、收费站预告及收费标志、ETC 车道指示标志、计重收费标志、加油站标志、紧急停车带标志、服务区预告标志、停车区预告标志、停车场预告及停车站标志、爬坡车道标志、超限检测站标志。

2. 城市快速路指路标志设置

1) 城市快速路的路径指引

根据城市快速路用户在行驶过程中对指路信息的需求，城市快速路路径指引标志可分解为：

(1) 入口指引系列标志，含入口预告标志、入口地点方向标志、入口标志；

（2）行车确认系列标志，含地点距离标志；

（3）出口预告系列标志，含出口预告标志、出口标志、地点方向标志。

从互通式立体交叉的相交道路驶入快速路，至下一互通式立体交叉出口，一般情况下宜按照下列顺序设置路径指引标志：入口预告标志→入口处地点方向标志→入口标志→地点距离标志→出口标志和下一出口预告标志→出口处地点方向标志。指路标志各版面信息之间应保持一致性和连续性。

对于单向3条及以上车道的出口密集的快速路路段，宜分车道提示方向信息，并应采用路面文字标记以辅助提示。

2）城市快速路标志的版面信息

快速路指路标志的版面信息应包括道路名称信息、目的地名称信息、地理方向信息和距离信息，如图6-20所示，各类信息反映的内容应符合下列要求。



图6-20　快速路指路标志信息

（1）道路名称信息为反映前方将要驶入的道路名称信息。

道路名称信息应当选择下游将要驶入的道路名称作为道路名称信息，并应符合下列要求：

① 当道路名称信息用于快速路入口或者对快速路入口进行预告时，应选择当前或所预告的快速路道路名称；

② 在互通式立交出口前需预告其出口所到达的主路道路名称时，应选择该出口将驶入的横向道路名称作为道路名称信息；

③ 当道路名称信息为快速路路名，且与目的地名称信息同时设置于一块版面上时，快速路道路名称信息应采用白底绿字的反色。

（2）目的地名称信息为反映前方所到达的地区、地点名称或横向道路、出口路名等信息。

① 目的地名称信息的选取应结合相交道路等级、服务区域特点、交通流量等因素综合考虑。

② 当快速路与各类道路相交并设置出口时，宜按表6-5选取信息层次。

③ 当同一方向有同层次多类信息时，应依次优先选用重要地名、交通枢纽信息、国家级旅游景区、重要公共设施等地点名称，并应确保选用的信息在出口后至指引地连续。当同一方向有同层次、同类别多个信息时，宜按由近到远的顺序进行选择，对重要信息也可同时指引。

表 6-5　目的地名称选取

主线道路	被交道路		
	快速路	主干路	次干路、支路
快速路	A层、(B层)	(A层)、B层	(B)层、C层

注：不带括号的信息为首选信息，带括号的信息用于无首选信息或根据需要作为第二信息。

(3) 地理方向信息为反映路线总体走向的地理方向信息。

① 在车辆的行驶方向较明确、不易引起误解的路段，可选取路线总体走向作为行驶方向指引信息。

② 对驾驶人容易产生行驶方向迷惑的路段，宜选择具有代表意义的下游远程目的地作为行驶方向指引信息。

③ 带有地理方向信息内容的标志可单独设置，也可结合快速路指路标志进行设置。当与快速路指路标志结合设置时，宜在版面中增加东、南、西、北等地理方向信息，设置在标志左上或右上角处，所增加的内容不得影响其他指路信息的表达。

(4) 距离信息应为反映标志所在位置到起算点的距离。

3) 入口预告标志的设置

应在快速路入口附近的干路、支路或交叉口处设置入口预告标志，如图 6-21 所示。



图 6-21　入口预告标志

入口预告标志应按预告距离由远及近，依次分为邻近路网交叉口预告、500m 和 200m 入口预告、连接线交叉口预告。邻近路网交叉口预告距离应根据行驶至快速路入口的实际距离确定。入口预告标志设置方法应符合下列要求：

(1) 在快速路入口周边 2km 范围内的主干路或交通性次干路交叉口，且不少于 2 个主要交叉口处，应单独设置入口预告标志；

(2) 在快速路周边 2～5km 范围内的主干路或交通性次干路交叉口，宜结合干路和支路上的指路标志设置入口预告标志；

(3) 在快速路周边 5～10km 范围内的主干路，可根据路网交通特点、管理需要设置入口预告标志；

(4) 在距离快速路入口连接线交叉口 500m 处，应设置 500m 入口预告标志，在其 200m 处，宜设置 200m 入口预告标志；

(5) 在快速路入口连接线交叉口停车线前 30～80m 适当位置，应设置入口预告标志。

入口预告标志宜将快速路当前所在地最近的 A 层信息作为方向，并应采用箭头来指示行驶方向。入口预告标志的目的地名称信息数量不宜超过 4 个，单个方向

的地点名称信息数量不宜超过2个,两个不同方向的信息之间可用白色线进行分隔。

单独设置的入口预告标志版面颜色应与快速路标志一致,采用绿底、白字、白边框、绿色衬边。

4）入口处地点、方向标志的设置

当快速路入口至快速路主路合流之前有多级分流时,应在分流位置设置地点、方向标志,分别指示快速路两个行驶方向,如图6-22所示。





图6-22　入口处地点方向标志

入口处地点、方向标志应设置在入口连接线匝道多级分流的分岔点端部,其版面内容应与入口预告标志中的目的地名称信息、地理方向信息相对应。

5）入口标志的设置

在快速路入口,需告知前方快速路道路名称信息时,应设置入口标志,如图6-23所示。

入口标志宜采用门架支撑结构形式,并应结合经过合理选取的快速路交通管理信息,一并设置于快速路入口端部。入口标志版面内容应与入口预告标志中所传达的信息一致。条件允许时,宜增加目的地名称信息与地理方向信息。

6）地点距离标志的设置

当需在快速路上提供车辆在当前路网或行驶道路中相对位置信息,并预告快速路前方所要经过的重要出口、立交、地点的名称和距离时,应设置地点距离标志,如图6-24所示。



图6-23　入口标志



图6-24　地点距离标志

地点距离标志宜设置于互通式立体交叉加速车道的渐变段终点以后1km以上路段的合适位置处。

两互通式立体交叉之间设置地点距离标志时，应符合下列要求：

（1）当互通式立体交叉间距小于或等于 2km 时，可设置地点距离标志；

（2）当间距大于 2km，小于或等于 10km 时，应设置地点距离标志；

（3）当间距大于 10km 时，可重复设置地点距离标志。

地点距离标志的信息应与入口指引标志、出口指引标志信息配套，重复设置的地点距离标志信息应一致。

地点距离标志宜设置三行地点距离信息，地点信息由近及远按自上而下的顺序排列，并应符合下列要求：

（1）第一行的地点为近目的地，应选用经由下游第一个互通式立体交叉（或出口）可到达的目的地信息；当出口间距较小，地点距离标志与下一出口预告标志并设于同一杆件时，宜选择在下游第二个出口作为第一行近程目的地。

（2）第三行的地点为远目的地，应在一定距离内保持相对固定。宜选择绕城环线、快速路终点、重要立交节点等 A 层信息作为远目的地，当接近该目的地时，再按照类似原则选取下一个 A 层信息作为新的远程目的地。

（3）第二行的地点为中间远目的地，宜选择第一行与第三行之间的最近的其他 A 层或 B 层信息（无 A 层信息时）。

（4）若指引信息少于两行内容时，宜更换成出口预告标志的表述方式。

地点距离标志中目的地信息应选用重要地名、交通枢纽信息、国家级旅游景区、重要公共设施等地点名称。

7）路名标志的设置

当快速路主路上需提示、确认当前行驶的快速路名称并作行车确认时，宜设置路名标志，如图 6-25 所示。

北翟快速路

图 6-25　路名标志

路名标志应设置在快速路互通式立体交叉加速车道的渐变段终点。当两个互通式立体交叉间距 5km 时，路名标志可在主线适当距离加密设置。路名标志宜采用单柱式结构形式，可结合地理方向标志、限速标志或辅助标志一并设置。

8）出口预告标志的设置

在快速路上应设置出口预告标志，对下游出口名称、方向、距离进行预告，使驾驶人提前判别前方出口，安全、顺利地完成驾驶行为改变，如图 6-26 所示。



图 6-26　出口预告标志

快速路出口预告应至少进行 4 级预告，即在距离快速路减速车道的渐变段起点 2km、1km、500m 和 0m 处，应分别设置 2km、1km、500m、0m 出口预告标志。当互通式立体交叉出口间距大于或等于 3km 时，宜增设 3km 快速路出口预告标志；当出口

间距小于 2km 时，快速路出口预告标志的设置方法应符合城市道路交通标志和标线设置规范中的规定。

对于互通式立体交叉、曲线匝道等情况较为复杂的出口，宜在 500m 或 1km 的快速路出口预告标志位置处设置图形指路标志。设置图形指路标志位置处，相应的快速路出口预告标志宜重复设置。图形指路标志也可采用可变信息标志形式，发布下游匝道、路段的实时交通信息。

简易互通立体交叉的出口预告标志所预告的出口名称，宜选择出口主要服务的地区、地点信息或第一条主次干路路名等单一信息。

当遇枢纽互通立体交叉，进入出口匝道后仍需二次分流时，出口名称宜选择两行信息。第一行信息为出口所连接道路的名称信息，第二行信息为出口后可到达的邻近一至两个地点、道路名称信息。

在指示重要出口信息时，可在出口标志下方增加出口位置或出口车道信息。所增加的出口车道及位置信息，底色应为黄色或荧光黄色，文字、箭头为黑色，如图 6-27 所示。



图 6-27　出口标志下方可增加出口位置或出口车道信息

9）下一出口预告标志的设置

在快速路主路上，需向驾驶人提供快速路下游出口的名称、方向、距离等相关信息时，应设置下一出口预告标志，如图 6-28 所示。

下一出口预告标志应采用双悬臂式或门架式支撑结构，结合当前出口标志，设置在出口分岔点处。在互通式立体交叉间距大于或等于 3km 且小于 5km 时，可在加速车道渐变段终点 1km 以上，容易被驾驶人识别辨认的适当位置重复设置下一出口预告标志。

10）出口标志的设置

当需告知快速路出口起点，或划分快速路主路与出口匝道范围时，应设置出口标志，如图 6-29 所示。



图 6-28　下一出口预告标志



图 6-29　出口标志

出口标志应设置在快速路出口分岔点端部，并宜结合下一出口预告标志一并设置。当符合下列情况下之一时，出口标志宜采用门架形式，设置于出口端部导流标线起点的上方：

（1）主路车道数大于或等于 4 条的立交出口；

（2）主路分流口；

（3）端部导流标线长度大于 50m 的出口。

出口标志指示内容应与出口预告标志中所传达的信息连续、一致，版面布设可与出口减速车道渐变段终点出口预告标志一致。

对于大型互通式立体交叉，出口匝道需二级分流的情况，可采用出口地点、方向标志或专用车道标志代替出口标志。出口地点、方向标志或专用车道标志信息，应与出口预告标志信息对应。

11）出口地点方向标志的设置

当互通式立体交叉出口匝道有二级分流，需预告或指示出口匝道二级分流的两个不同行驶方向的相关信息时，应设置出口地点方向标志，如图 6-30 所示。



图 6-30　出口地点方向标志

出口地点、方向标志应设置在出口匝道二级分岔点端部上方，宜采用双悬式支撑结构。当出口匝道车道数大于或等于 2 条，且出口匝道二级分岔点与主路出口匝道分岔点之间间距小于 160m 或视线较差时，应采用出口地点、方向标志或专用车道标志替代出口标志。如有必要，出口地点、方向标志和专用车道标志可在两分岔点之间增设一组。



6.5　实例分析

6.5.1　义乌市中心城区道路概况

义乌市中心城区指路系统的研究范围以环城路（阳光大道）以内为主，即义乌市主城区。主城区内用地以住宅用地、商业用地以及工业用地为主，其中商业

用地占据了很大部分。义乌中心城区内主要有义乌国际商贸城、篁园市场商业区。

义乌中心城区路网以环城路(阳光大道)为界,环城路以内共二十条主干道路及 S310 组成中心城区的网格状主骨架路网,辅以其他次干路、支路,形成中心城区路网。环城路(阳光大道)以外由 S103、S310、四海大道等放射状公路对外衔接,通往周边区镇。南北外围有杭金衢高速、甬金高速两条省际主要高速公路,与其他县市连接。环城路定位为城市快速路,具有分流过境交通,衔接城市内部交通等功能。城中具体主干路、环城路以及对外衔接道路结构如图 6-31 所示。

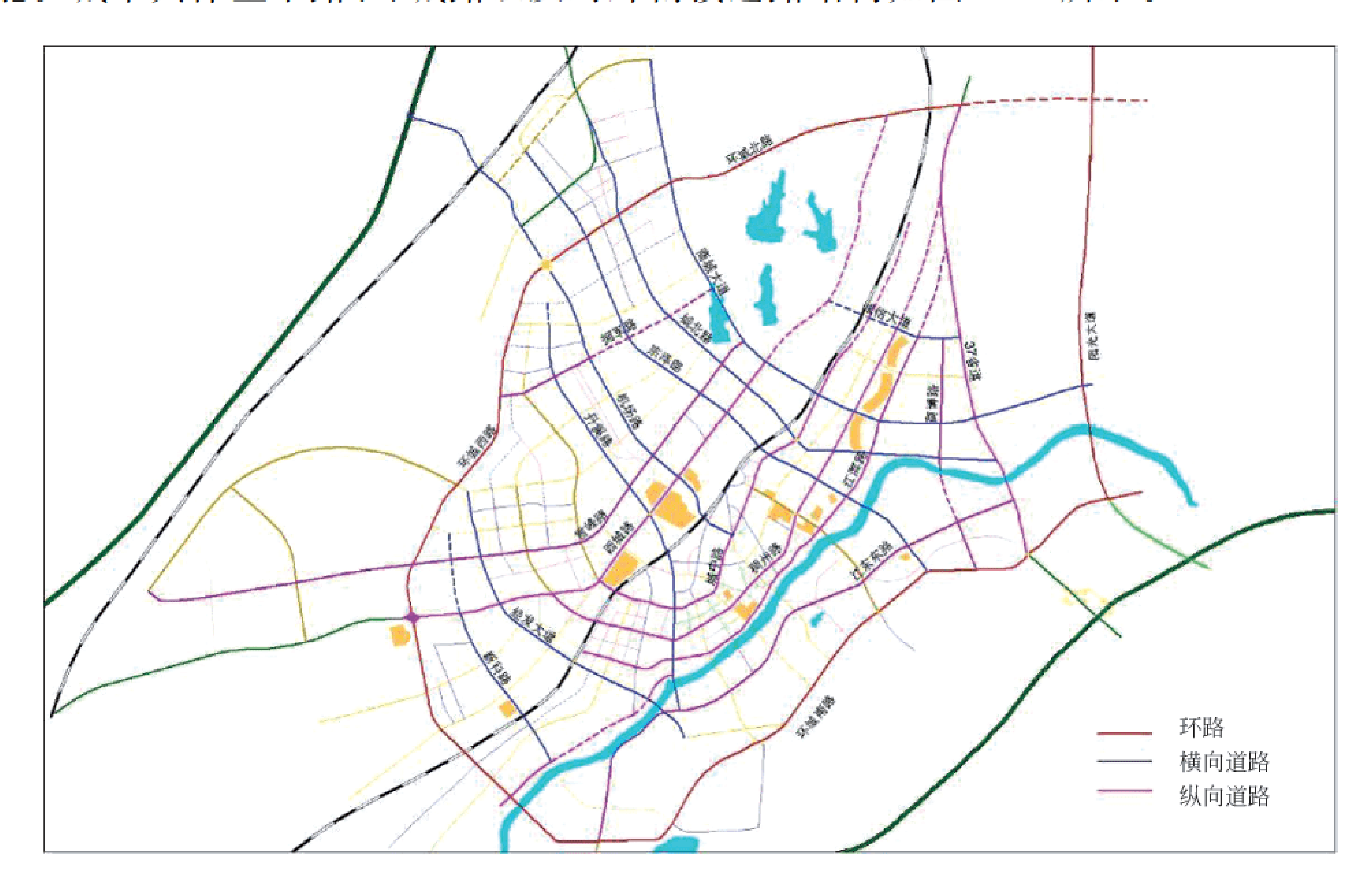


图 6-31　义乌市主干路、环城路及对外衔接道路结构

6.5.2　义乌市中心城区指路标志系统现状分析

随着义乌城市的发展,路网的完善,以及城市用地功能的变化,汽车保有量的增加,旧的道路交通指路标志系统已无法满足目前的道路指引需求。近年来义乌市虽然对部分地区的指路标志重新进行过设计与整改,但缺乏对整个城区一个统一的系统规划。义乌市中心城区内的道路交通指路标志样式五花八门,新老城区各不统一,各种违规标志随意设立。指路标志的设置不合理、连续性差、系统性考虑欠缺等问题不仅影响了道路路网功能的发挥,还可能带来一些安全隐患。义乌市中心城区道路交通指路标志目前存在的主要问题有:标志的系统性问题、版面问题、设置位置问题。

1) 系统性不足

图 6-32 是城区内主干道西城路沿线的各指路标志。在西城路机场路交叉口,

前方节点是下一交叉口丹溪路，而在西城路—望道路交叉口，前方节点为金华，缺乏系统性。一般城区内指路标志指的应当是路名，作为主干道，一般应指示前方的交叉口及远方节点道路的信息，西城路的指路标志信息显然不统一。



图 6-32　标志系统性不足现状

2）版面问题

义乌市中心城区指路标志版面设计目前存在的问题主要有：标志节点选择不统一、版面信息内容不统一、不规范、信息不连续等情况。其中最为严重的问题是版面样式的不统一与部分指路标志版面信息量严重过多。

标志版面设计样式不统一，表达的内容信息也不一致（见图 6-33）。在义乌市中心城区内有多种式样的标志，易导致驾驶人难以区分辨认，指路标志的信息内容选取、方向箭头类型、节点距离表示等都不相同；版面内容不规范，城市道路指路标志一般在内容上只标识路名，而义乌市中心城区的道路却内容复杂紊乱，或者信息缺失。同时，还存在右转车辆指示形式不统一，指路标志英语翻译不统一以及版面内容重复等现象。



图 6-33　版面设计样式不统一现状

标志版面信息量严重过载(见图 6-34),使驾驶人难以在短时间内明确道路方向情况。部分指路标志版面内容多,造成字体太小,同时色彩过于丰富,驾驶人必须在较近距离才能辨识标志内容,影响驾驶人识认性。



图 6-34　版面信息量过载现状

3) 指路标志设置位置不当

部分指路标志位置设置不够合理(见图 6-35),没有考虑绿化生长等因素,被路旁的树木遮挡,同时同一位置标志设置过多、过近和过于密集,导致驾驶人在短时间内无法读懂大量信息。



图 6-35　指路标志设置位置不当

6.5.3　义乌市中心城区指路标志系统设计与规划

1. 指路标志基本信息分类

按照义乌市中心城区内各主要交通发生与吸引点交通量的大小以及中心城区内主要标志性地点重要程度等的相关情况,可以将环城路内标志性目的地分为四个等级:一级是指影响范围覆盖整个城区,在周边地区也有重要影响的地点,主要是影响力非常大的市场、会展和物流中心;二级是影响力覆盖大部分城区的标志

性目的地，以重要的文体中心为主；三级主要是市政府及服务广大外来人员，设有对外办理业务的行政服务机构、一般市场、一般会展中心和重要园区；四级主要是外来人员办事相对较少的行政服务机构、一般物流中心、交通枢纽、医院和公园等一般文体中心。

环城路以外标志性目的地分为两个等级：一级是指影响范围覆盖整个城区，作为出城最重要的标志性地点，发挥着重要的导向作用的标志性目的地，包括义乌市周边的两条高速公路；二级是有一定影响范围的，覆盖局部城区的标志性目的地，包括机场、火车客运站以及外围城镇等。

2. 指路标志系统分层分类

由于不同的道路有不同的服务对象、服务功能以及交通特征，它们在整个路网系统中所担当的“角色”也不尽相同。指路标志的设置是以最大程度上实现道路功能为最终目标的，故而要实现一个功能完善的指路系统，首先要对指路系统进行分类，各类系统之间相互衔接、相互补充、相互延续，在不同类别的指路系统中采用不同的指路形式，以满足不同的需求。

根据道路功能、交通需求、交通流特征、交通组织方式、交通诱导方法等，将义乌市的主要指路系统分成以下 4 个系统。

系统 A：环城路（通宝路、阳光大道）、城区内的主干路、环城路外主要放射性城市道路上的以指示路名为主的指路系统，设置在主干路上。

系统 B：为配合突出对国际商贸城和义乌市周边主要高速公路（杭金衢高速、甬金高速）、外围城镇以及各级标志性目的地等的引导，而设置单独的指路系统。

系统 C：次干路上以指示路名为主的指路系统，设置在次干路上。

系统 D：支路上以指示路名为主的指路系统，设置在相交道路中有支路的交叉口处。

3. 版面信息内容选取及设置方法

道路设施在建设等级、功能定位、服务模式等方面有较大差异，指路信息的选取应以路网的层次结构为基础。系统 A 为主干道路指路系统。一般沿行车路线的直行方向指示两个路名，左、右转弯各指向一个路名。其中直行方向远路名为该条道路沿途所经过的重要干道名或道路的终点（节点），近路名及左、右转弯所指示的路名为相邻的主干道路名。标志版面中方框内为交叉路口横向道路（主干路或次干路）的名称。左上角的方向标志表示当前道路的前进方向。箭头上下方的数字表示当前被交道路两侧的门牌号码（注：这里的门牌号码仅作为图示，非实际现状，下同）。市区内的一些其他指路标志，可以以辅助标志的形式固定在支撑杆上，从而更好地起到提供方向信息及对这些地名的引导作用，如图 6-36 所示。

系统 B 的版面信息内容设置划分为三部分：一级，二级和三、四级标志性目的地引导标志版面。一级标志性目的地（如国际商贸城，图 6-37）引导标志版面有两种，一种是在远离国际商贸城时的引导标志，内容只包括目的地名称、方向以及距



图 6-36　指路标志 A 系统设置方法示例

离；另一种是在国际商贸城附近主干道交叉口直接指引其停车场位置的引导标志。这种标志仅指示当前交叉口附近商贸城分区的停车场位置，对远离该交叉口的商贸城分区，则仅指示其方向，而高速公路的引导可以直接出现在主干道指路标志的版面上或单独设置。单独设置的高速公路入口引导标志版面内容包括高速公路的编号、地名、距离以及方向，版面颜色为绿色。二级标志性目的地引导标志版



图 6-37　指路标志 B 系统设置方法示例

面：一般在入城路线上的主干路交叉口处设置引导标志，版面内容包括目的地名称、距离及方向；外围城镇引导标志出现在出入城道路与环城路(阳光大道)交叉口处，标志版面内容包括地名以及方向，版面颜色为蓝色；机场及火车客货站标志版面内容包括图案、距离、方向，版面颜色为蓝色。三、四级标志性目的地引导标志一般不单独设立，而是悬挂在主干路道路交通指路标志的下方，其版面内容包括目的地名、方向及距离，如果目的地仅有一个车辆出入口，且设在次干路或支路上，则在主干路上与该道路交叉口处设置目的地预告标志，在车辆出入口处，应设置目的地确认标志(如果目的地特征鲜明，易被发现，可不设)。如果目的地有多个停车场出入口，且设在次干路或支路上，则在主干路上与该道路交叉口处设置停车场预告标志。在目的地停车场入口，应设置停车场确认标志。

系统 C 为次干路系统，沿行车路线的直行方向指示一个路名，左、右转弯各指向一个路名。直行、左右方向所指示道路为相邻的次干路及以上等级道路。标志版面中的方框内为交叉口横向道路(主干路或次干路)的名称。左上角的方向标志表示当前道路的前进方向，箭头上下方的数字表示当前被交道路两侧的门牌号码，如图 6-38 所示。



图 6-38　指路标志 C 系统设置方法示例

系统 D 为支路系统，直接使用路名指路标志。版面内容包括该路路名及方向，四个角上的数字表示当前被交道路两侧的门牌号码，如图 6-39 所示。

4. 各类指路系统设置方案

对于 A 系统，在市区 21 条主干路(包括 S310)与主干路交叉口设置 A 系统指路标志，A 系统远方节点在较长距离内固定。A 系统的远方节点表示该主干路的前进方向，根据出入城规划引导路线及《义乌市综合交通规划》确定，如图 6-36 所示。

对于 B 系统，一、二级标志性目的地，其影响范围大。在其影响范围内的每个交叉口都设置 B 系统指路标志显然是没有必要，也是不现实的，因此对一级、二级标志性目的地的指引遵循“由远及近，先疏后密，点线面结合”的原则，其 B 系统可



图 6-39　指路标志 D 系统设置方法示例

以分为三部分：一是“线引导”，即在较远范围内设置单独线路进行引导。二是“面覆盖”，在邻近区域即靠近目的地停车场入口同一方向上的两个 A 系统道路交叉口往目的地进行引导。三是“停车场预告及确认”，驾驶人通过最靠近目的地的主干路进入次干路或支路，最想寻找的是目的地的停车场，所以停车场出入口所在的次干路或支路与主干路交叉口处，设置停车场预告标志，指示停车场位置。在目的地停车场入口处，设置停车场确认标志。三、四级标志性目的地由于影响范围小，无须单独设置线路进行引导，因此 B 系统只要进行“面覆盖”和“停车场预告及确认”即可。

对于 C 系统，在次干路与主干路、次干路与次干路的交叉口设置 C 系统指路标志，如图 6-38 所示。

对于 D 系统，在支路与主干路、支路与次干路、支路与支路的交叉口设置 D 系统指路标志，如图 6-39 所示。

（主笔：同济大学　王俊骅）

第7章

电动自行车交通组织



7.1　基本概念

电动自行车作为一种近年来在我国快速发展的交通工具，因为价格便宜，拥有和维护成本适应当前我国工薪阶层的收入水平，并且出行距离恰好基本处于机动车和自行车之间，填补了由于公交不便造成的中等距离出行的需求难以满足的空当，因此大量的电动自行车进入普通城镇居民的家庭，成为城市交通出行方式的重要组成部分。由于电动自行车出行在城市交通出行中所占比重的日益增大，及其自身存在的固有问题，使得电动自行车的管理和交通组织模式对城市交通管理提出了严峻的挑战。

7.1.1　电动自行车的法律地位和管理依据

根据《中华人民共和国道路交通安全法》“第十八条　依法应当登记的非机动车，经公安机关交通管理部门登记后，方可上道路行驶。

依法应当登记的非机动车的种类，由省、自治区、直辖市人民政府根据当地实际情况规定。

非机动车的外形尺寸、质量、制动器、车铃和夜间反光装置，应当符合非机动车安全技术标准。

第五十八条　残疾人机动轮椅车、电动自行车在非机动车道内行驶时，最高时

速不得超过十五公里。

第一百一十九条(四)'非机动车',是指以人力或者畜力驱动,上道路行驶的交通工具,以及虽有动力装置驱动但设计最高时速、空车质量、外形尺寸符合有关国家标准的残疾人机动轮椅车、电动自行车等交通工具。"

我国明确将电动自行车纳入非机动车范畴,参照非机动车进行管理。但是具体的登记管理措施由省级人民政府确定,在国家层面不予以强制规定。在电动自行车的通行条件方面,明确要求电动自行车在非机动车道内,最高时速不得超过15km/h。

根据上述规定,《中华人民共和国道路交通安全法》及其实施条例中关于非机动车管理的相关条款大多数都能适用于电动自行车的通行和管理,可以认为国家法律的规定为加强电动自行车的管理和电动自行车的交通组织工作奠定了坚实的基础。

7.1.2　电动自行车交通组织的基本原则

电动自行车在法律上属于非机动车,因此非机动车交通组织的一些基本原则也能适用于电动自行车。

(1) 靠右侧通行的原则。电动自行车的行驶速度虽然高于人力驱动的非机动车,但是其本质上仍然属于慢速和短距离交通工具,因此从路权的划分来说,电动自行车的通行空间在道路右侧的非机动车道内,没有划分非机动车道的,其通行空间在道路右侧。

(2) 时空分离的原则。电动自行车在交叉口的通行是其交通组织和管理的难点和重点。时空分离原则是电动自行车在交叉口通行的基本交通组织原则,但是落实到具体的交通组织实践时,需要在交叉口非常清晰地明确和划分出电动自行车停驶等候区域、通行信号规则以及通行交叉口的路径要求。

(3) 分向行驶的原则。该原则实际上是时空分离原则的延伸和具体应用。根据电动自行车在交叉口和路段通行的实际情况,合理划分电动自行车车道和转向车道,避免其在通过交叉口的过程中,因为不明白停车等待空间,导致不同转向的电动自行车互相干扰,甚至影响机动车的正常通行,造成交通安全隐患,形成交通事故。

(4) 其他原则和要求。在上述基本要求的基础上,为提高电动自行车通过交叉口的安全性,国内有学者对电动自行车通过交叉口提出了相应的原则和要求,例如慢速进入交叉口的原则、暴露时间最小原则、交通隔离原则、远离机动车冲突原则等,这些原则的应用需要根据不同交叉口形状的交通组织特性进行合理有效应用。

7.1.3　电动自行车交通的基本特点

国内学者对电动自行车交通的基本特点进行了较为充分的调查和研究。从电

动自行车通行的特点看，电动自行车通行交叉口时存在着自行车流膨胀特性，电动自行车在交叉口停车等待过程中，所占用的道路横向空间较小，电动自行车之间可以紧密地停放在一起，在通过交叉口时，为了保证电动自行车的平衡，"尤其是在加速过程中，其横向间距要求增大，这就是排队车辆的膨胀现象"。经过测算估计自行车的膨胀率约为 1.27，由于电动自行车的横向间距要求要大于自行车，因此电动自行车的膨胀率会高于自行车。

由于电动自行车通过交叉口过程中膨胀性的存在，因此在交叉口绿灯通行时段电动自行车聚集通过交叉口时，会出现一些电动自行车侵占机动车道而影响机动车通行的现象。电动自行车通行的膨胀特性是电动自行车交通管理和组织中必须面对的一个主要特性。

其他影响电动自行车通行的特点还包括：电动自行车的自重、车速和平衡性，自重偏大使其在行驶过程中发生交通事故的危害性增加；与人力自行车和机动车之间存在的速度差，使其更容易与人力自行车和机动车发生交通事故，较快的车速也降低了电动自行车驾驶人的反应时间，增加了安全隐患。电动自行车在通行过程中为保持平衡性，经常通过加速或变更车道（蛇形轨迹）进行通行，因此在没有设置机非隔离的交叉口、路段，电动自行车极易与机动车发生碰撞，也不利于机动车驾驶人对电动自行车通行行为的判断。

同时，电动自行车驾驶人在行驶过程中的求快心理、畏惧心理、离散心理、从众心理、注意力容易分散等特性，也使得电动自行车的交通组织面临着新的困难和挑战。

7.1.4　南宁市电动自行车发展情况

南宁市在 2002 年出台了"禁摩"（禁止城市中心区摩托车上牌入户）和"限摩"（在城市中心区限制非中心区牌照的摩托车进入，不限制中心区范围内已入户上牌摩托车的使用）政策，控制摩托车保有量的增长，但是由于配套措施没有跟进，电动自行车异军突起，发展成为南宁市继摩托车之后，市民市内出行的重要交通方式。南宁市电动自行车发展大体上经历了如下三个阶段。

(1) 初始阶段：2002 年"禁摩"后到 2006 年南宁市电动自行车增长至约 6 万辆，在这一阶段，受到"禁摩"政策的影响，南宁市民正在选择可替代摩托车的出行方式。若在这一阶段，南宁市公共交通系统的建设能适应市民出行方式选择的转换，那么电动自行车也可能不会发展成为市民短途交通出行的主要交通工具。

(2) 无序扩张阶段：2006 年至 2013 年 8 月 15 日，南宁市开始实施电动自行车注册登记制度，之后半年内开展集中登记注册，至 2014 年 2 月 10 日集中注册登记结束，累积有 107 万辆电动自行车。这一阶段大量的电动自行车涌入家庭，给南宁市交通出行带来巨大的压力（见图 7-1）。

(3) 爆发式增长阶段：截至 2015 年 10 月，南宁市电动自行车保有量达 150 万



图 7-1　电动自行车的无序增长给城市交通带来的压力

辆。这一阶段，受到电动自行车注册登记制度的鼓励，电动自行车保有量呈现爆发式增长，但是其增长是受到控制的，目前南宁市电动自行车登记的数量，每天控制在 1200 辆左右。

经过近年来南宁市开展的居民出行调查显示，电动自行车出行方式从无到有快速发展，并迅速替代摩托车，成为南宁市居民出行的主要交通工具。2007 年非机动车(含电动自行车)出行比例为 19.23%，在 2011 年首次专门统计电动自行车出行比例为 25.94%，到 2014 年电动自行车出行比例为 33.98%，全市电动自行车出行所占比例增长了约 1.8 倍。电动自行车出行比例如此大规模的增长变化，改变了南宁市的交通出行结构，也加大了电动自行车管理和交通组织的难度。

7.1.5　南宁市电动自行车交通组织的基本方法

在上述电动自行车基本特性的基础上，南宁市结合自身特点，开展了电动自行车交通组织基本方法的探索。从交通管理的实际出发，提出了“基于信息和需求的电动自行车交通组织”方法。这一方法有如下主要特点。

交通管理者站在电动自行车驾驶人的角度思考问题，明确电动自行车驾驶人通行的需求。在这一过程中发现，由于城市交叉口形态复杂多样，因此很难建立一个统一的电动自行车通行规则和组织方案。但是，对于电动自行车驾驶人来说，由于其观察的视点较低，接收信息的界面较小，行驶速度较慢，占用道路空间小的特点，其在通行过程中不需要太多和过早的获取前方道路或交叉口的信息(形状、车道、通行空间)等，他们往往只需要知道眼前所看到的道路状况就有时间对其通行行为做出判断。

基于上述认识，南宁市交通管理部门提出电动自行车通行信息“三要素”，即交叉口停车等待空间、允许通行的交通信号、通行的路径选择。

停车等待空间，是指电动自行车在交叉口停车等待的范围和边界，以最接近交通冲突点但不进入交通冲突点为原则，通过有效的隔离，明确电动自行车在交叉口

的停车等待范围。

允许通行的交通信号，是指交叉口允许电动自行车通行的时间范围，通过交通信号灯的变换，判断电动自行车停、走时间。

通行的路径选择，是指不同转向的电动自行车进入交叉口和驶离交叉口通行的路径，以及离开交叉口需要选择的车道。

上述“三要素”落实起来，对于电动自行车而言就是回答在交叉口“怎么停”和“怎么走”的问题。



7.2 设计方法和内容

对于电动自行车通过交叉口，除了极少数将进出口开设在交叉口范围内的单位、小区外，绝大多数都是从路段进入交叉口范围，如此一来，电动自行车通过交叉口的“三要素”具体落实在设计过程中就从路段开始考虑。

7.2.1 南宁市交叉口渠化设计的演变

在20世纪90年代末至21世纪初(1996—2009年)，南宁市正好处于城市交通非机动化向半机动化转变的过程，摩托车保有量一度达到50万辆左右，南宁市被称为“骑在摩托车上的城市”，在那段时间南宁市的交通管理被称为“摩托车时代”，为了规范摩托车通行，减少摩托车与其他机动车通行的冲突和交通安全隐患，南宁市在三幅路和四幅路道路横断面的非机动车道部分设置了摩托车道，并形成了道路设计的制度化要求。

在这一交通管理措施的基础上，南宁市摩托车驾驶人形成了靠机动车道最右侧车道通行的习惯，在两幅路和一幅路道路横断面的路段上，摩托车驾驶人也习惯性地靠机动车道右侧车道通行。

基于上述摩托车通行的情况，南宁市道路交叉口的设计也进行了相应的调整，在进入交叉口摩托车行驶轨迹的终点，在机动车停车等待区域的右侧设置了专门的摩托车等待空间，并在摩托车等待区内设置了摩托车左转和右转车道，并完善了一系列引导摩托车进入停车等待区域和通过交叉口的相关规则。在“摩托车时代”南宁市道路交叉口渠化设计的基本情况如图7-2所示。

在南宁市，道路交叉口的设计在遵守国家标准的基础上，确立了如下基本准则：

(1) 压缩机动车车道宽度，偏移道路中心线，增加机动车进口车道数，实现提高机动车通行能力的目的。

(2) 在有条件的交叉口设置非机动车和行人驻留区(安全岛)，优化慢行交通通行轨迹。

(3) 有条件的交叉口，在交叉口慢行交通驻留区的右侧，设置右转弯专用车

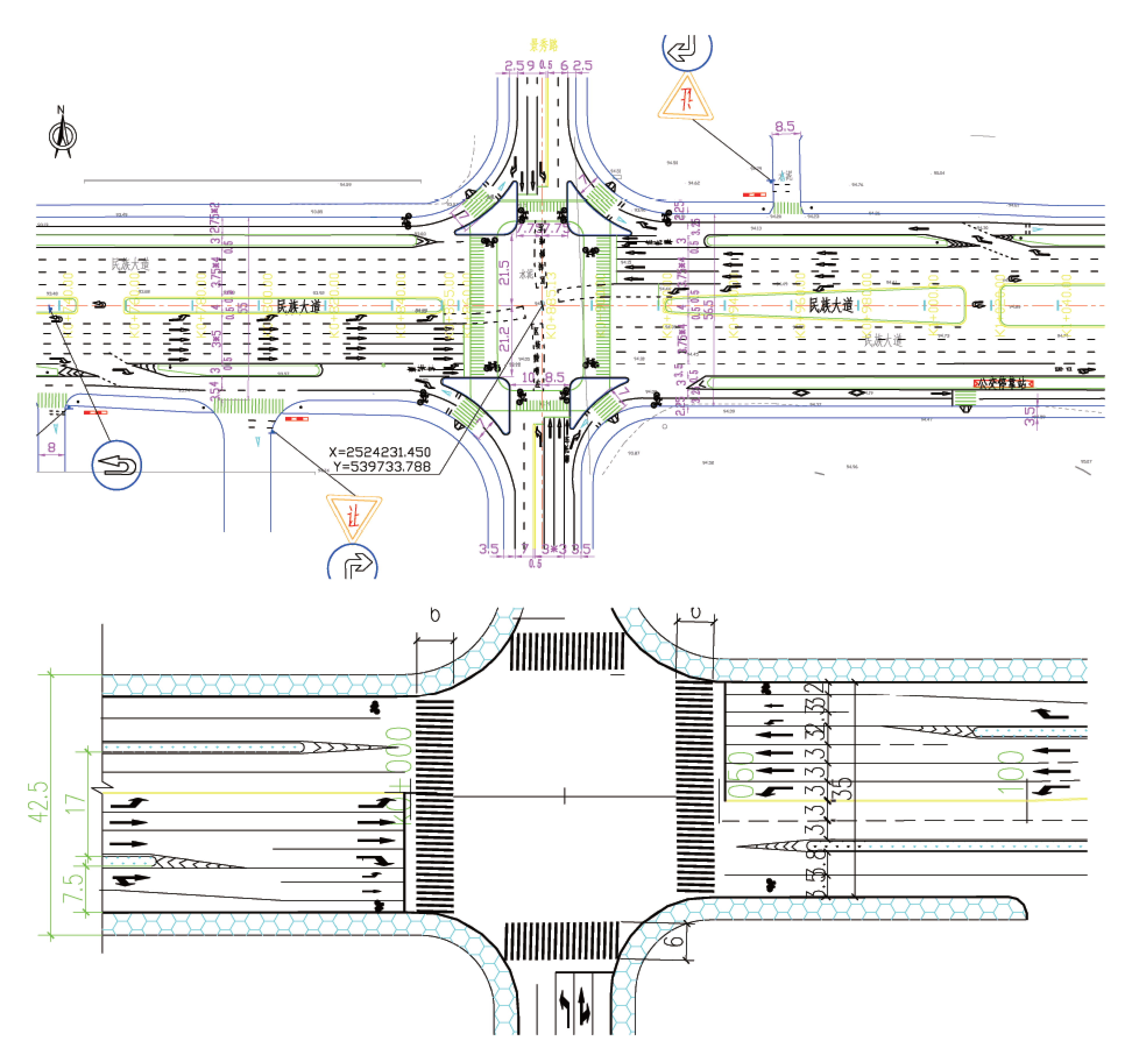


图 7-2　“摩托车时代”交叉口渠化模式

道，并提前分流右转弯车流，减少交叉口交通冲突点，提高通行效率，降低交通安全隐患。

（4）结合路段摩托车通行空间，设置交叉口摩托车专用候驶区。在交叉口进口车道的右侧，结合路段摩托车通行空间，设置专门的摩托车停车候驶区，并明确划分摩托车左转和直行车道，避免在非机动车道通行的左转摩托车还需要变更车道到达机动车左转车道停车等待，减少交通安全隐患。摩托车停车等待区域根据交叉口实际情况以及非机动车道的实际宽度设置，摩托车等待区的宽度一般为3.25～5m，左转和直行车道的划分一般采用平均划分宽度的方法进行划分。

上述基本设计准则，为南宁市创造了两轮交通靠右侧通行的基本交通环境和市民通行意识，也为电动自行车大规模增长带来的交通组织问题，提供了基本的解决思路和奠定了交叉口组织基础。

7.2.2　明确路权，划分交叉口进口方向类型

截至 2015 年，南宁市摩托车保有量已经下降到不足 10 万辆，电动自行车保有

量则增长到150万辆，电动自行车替代摩托车成为市民半机动化和短程出行的首选交通工具。为便于组织管理，充分利用原有的交通设施基础，南宁市将原有道路范围内的摩托车道和交叉口范围内的摩托车停车等待区域，允许电动车行车借用通行和停靠。据此在明确路权的基础上，根据不同交叉口进口方向的特点，开展了电动自行车交通组织工作。

实际上，无论何种交叉口，对于电动自行车驾驶人而言，只需要知道前方交叉口进口方向的形状即可，而交叉口的形状对于电动自行车驾驶人而言只有两种，即有渠化安全岛的交叉口和没有渠化安全岛的交叉口。在这两类交叉口中，明确电动自行车停车驻留的区域，是开展交通组织工作的基础。

7.2.3 引导进入停车等待空间

如前所述，将各类型交叉口的进口方向统一为有渠化安全岛的交叉口和没有渠化安全岛的交叉口两大类。总体而言，考虑到电动自行车流量、横向净空等参数，设置电动自行车交叉口停车候驶区域，主要是遵循“能设尽设，用尽面积”的原则。

7.2.4 有渠化安全岛的交叉口

1. 渠化安全岛交叉口电动自行车进入候驶区组织方案

进入有渠化安全岛的交叉口，电动自行车停车驻留的空间有两种选择，一种是进入安全岛驻留，另一种则是利用交叉口原有的摩托车候驶区驻留。

从图7-3可以看出，渠化安全岛和原摩托车候驶区都能成为电动自行车停车驻留的选择区域。电动自行车进入上述两个区域停车驻留，若是选择渠化安全岛，路径和路权划分非常明确，通过非机动车道，经过右转导流路的人行横道，进入安全岛，如图7-4所示。

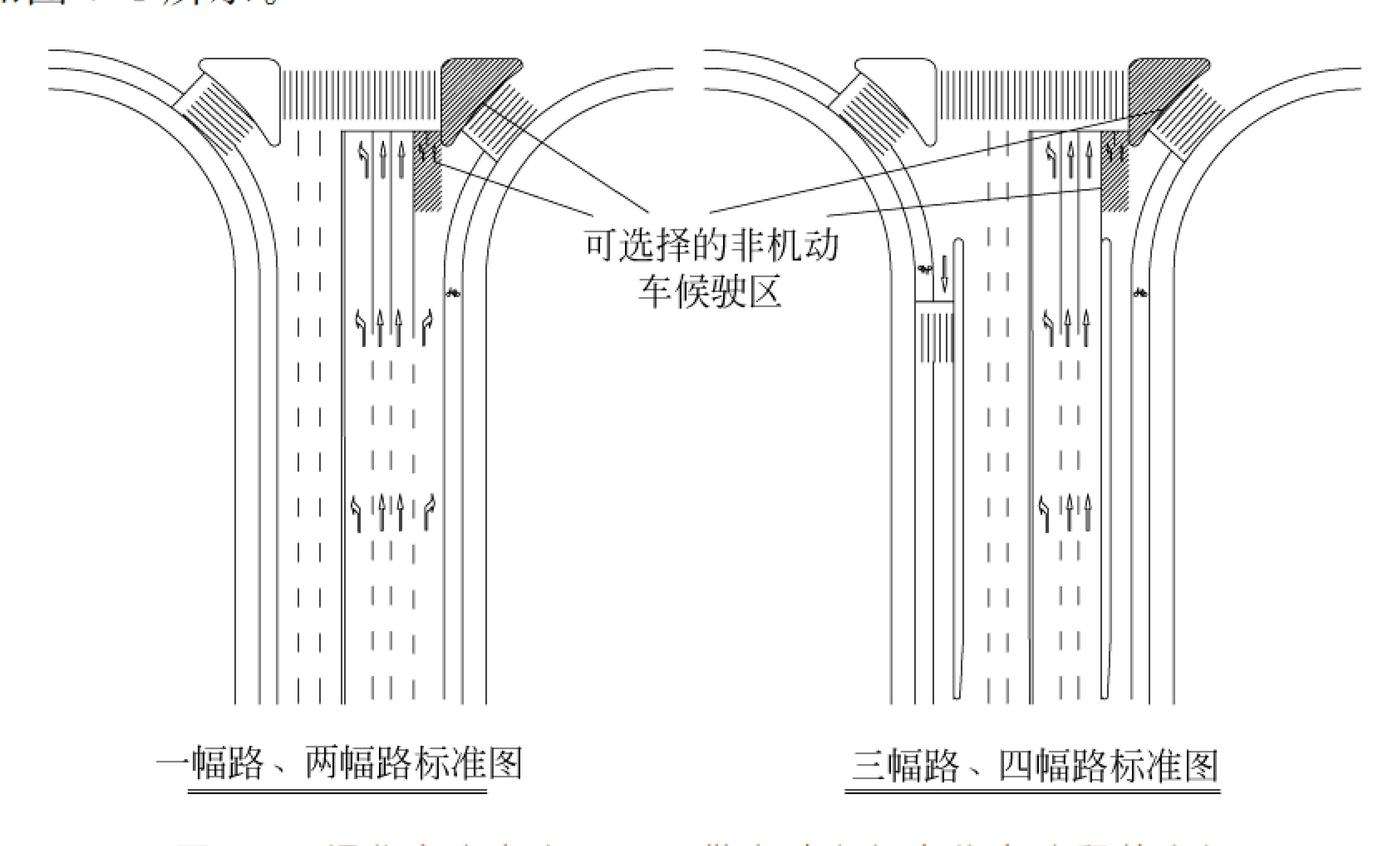


图7-3 渠化安全岛交叉口可供电动自行车停车驻留的空间

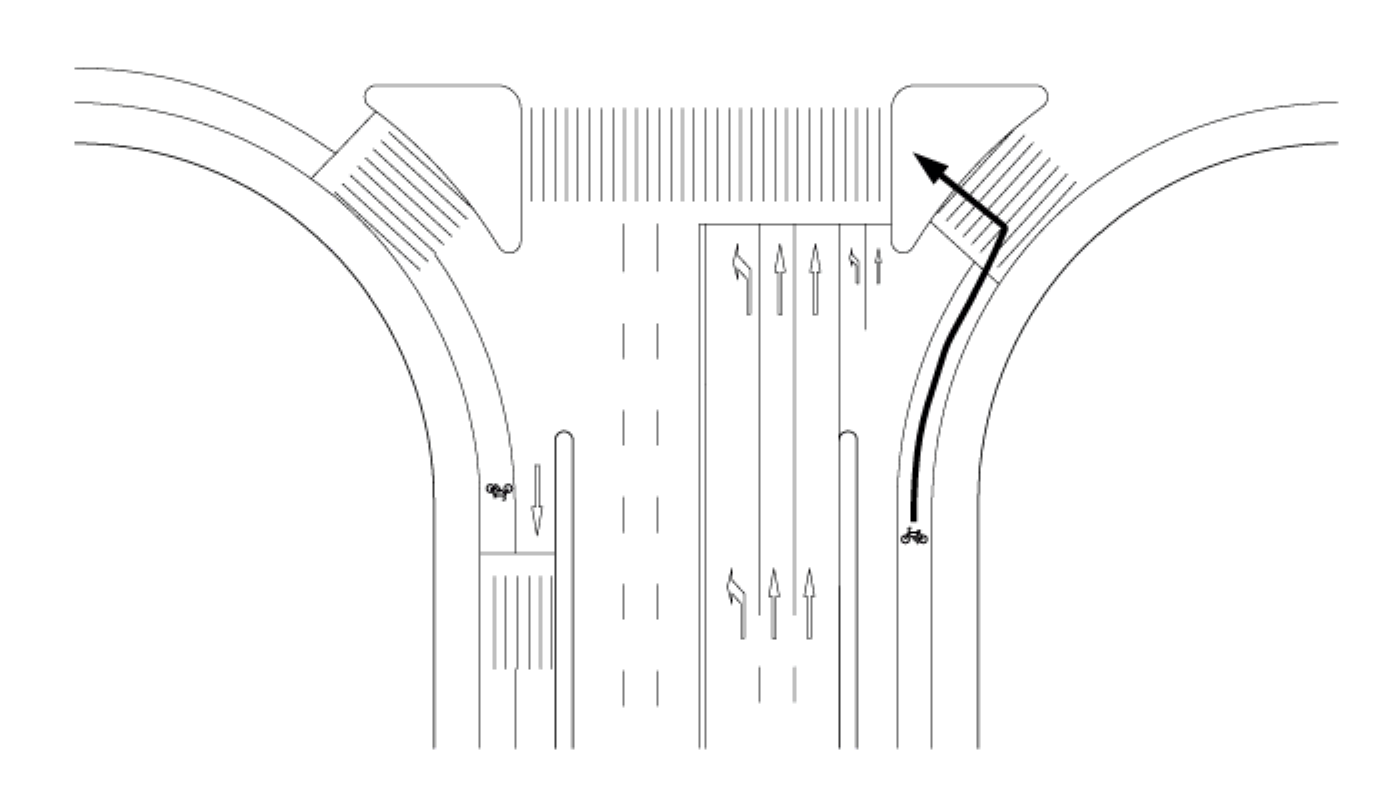


图 7-4　电动自行车进入交通安全岛的轨迹和路径

对于电动自行车进入原摩托车候驶区停车等待的，相对于选择渠化安全岛来说存在路径和路权划分的难题。因为电动自行车从非机动车道进入原摩托车候驶区需要跨越右转导流车道，因此会与右转机动车辆之间存在冲突区域。为了克服这个问题，在进入原摩托车候驶区时，设置了电动自行车通道和可单向跨越非机动车道的机非虚实线。如图 7-5 所示，通过设置电动自行车进入交叉口原摩托车候驶区的通道，明确电动自行车通行的区域和路径，划分路权。同时，禁止机动车进入电动自行车候驶区停车等候。

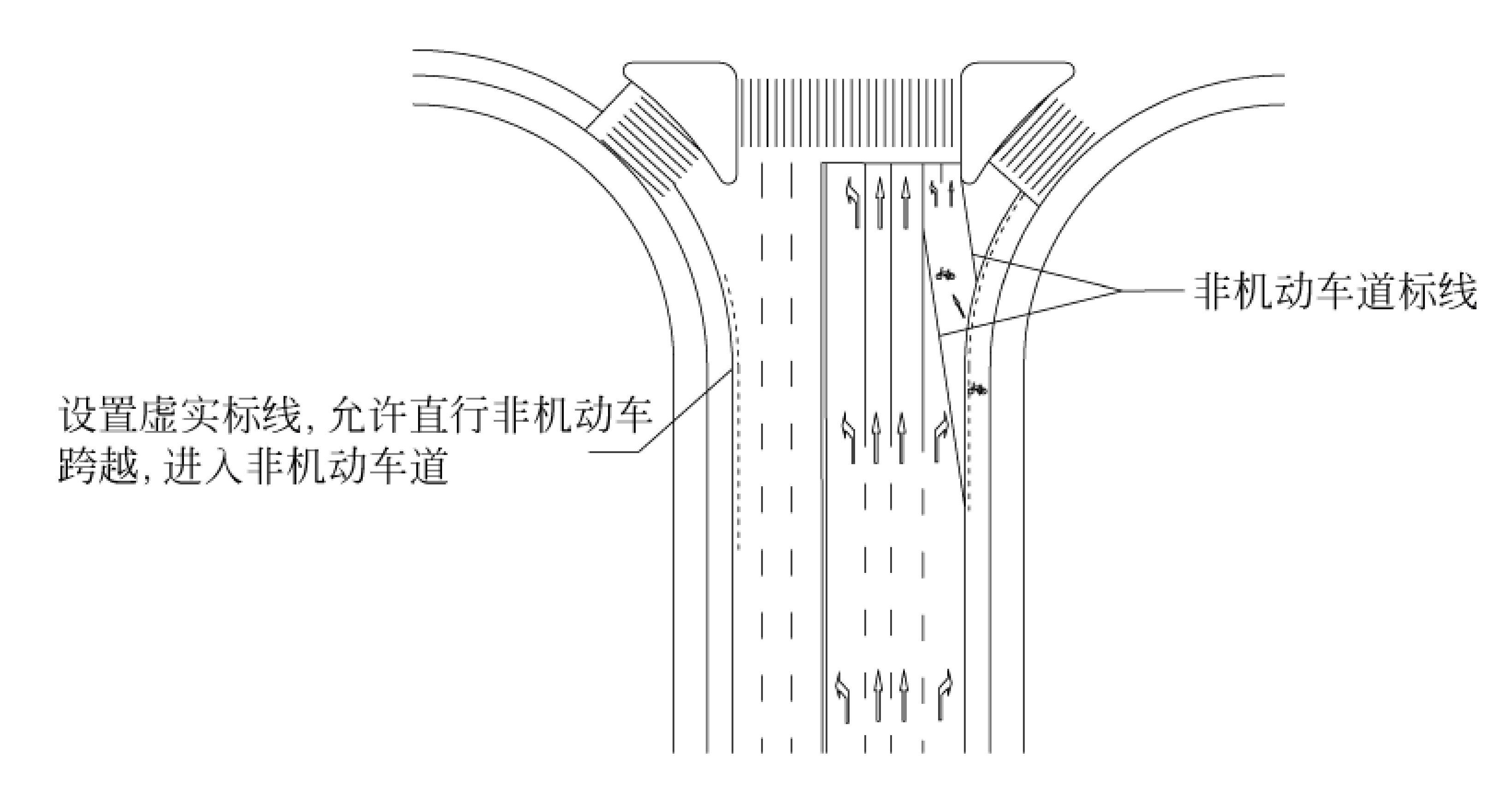


图 7-5　引导电动自行车进入原摩托车候驶区停放

2. 配套设施设置应用

要实现上述电动自行车进入交叉口停车候驶区的交通组织目的，需要应用相关的交通设施。

1）原摩托车候驶区设计

南宁市由于历史原因，在道路交叉口留存了大量的原摩托车候驶区，这使得南宁市在进行电动自行车交通组织的过程中，拥有得天独厚的基础。对于其他城市而言，在没有类似条件的情况下，主要还是应用渠化安全岛作为电动自行车的停车等待区域。但是由于渠化安全岛除了为电动自行车停车驻留外，还有一部分空间

用于行人的驻留，因此在具备条件的情况下，建议还是在非机动车道进入范围的交叉口停止线后尽量设置电动自行车候驶区。

2）机非隔离设施的应用

机非隔离设施的应用主要在没有设置物理隔离设施的道路交叉口，用于隔离机非候驶区域，明确电动自行车路权，如图 7-6 所示。

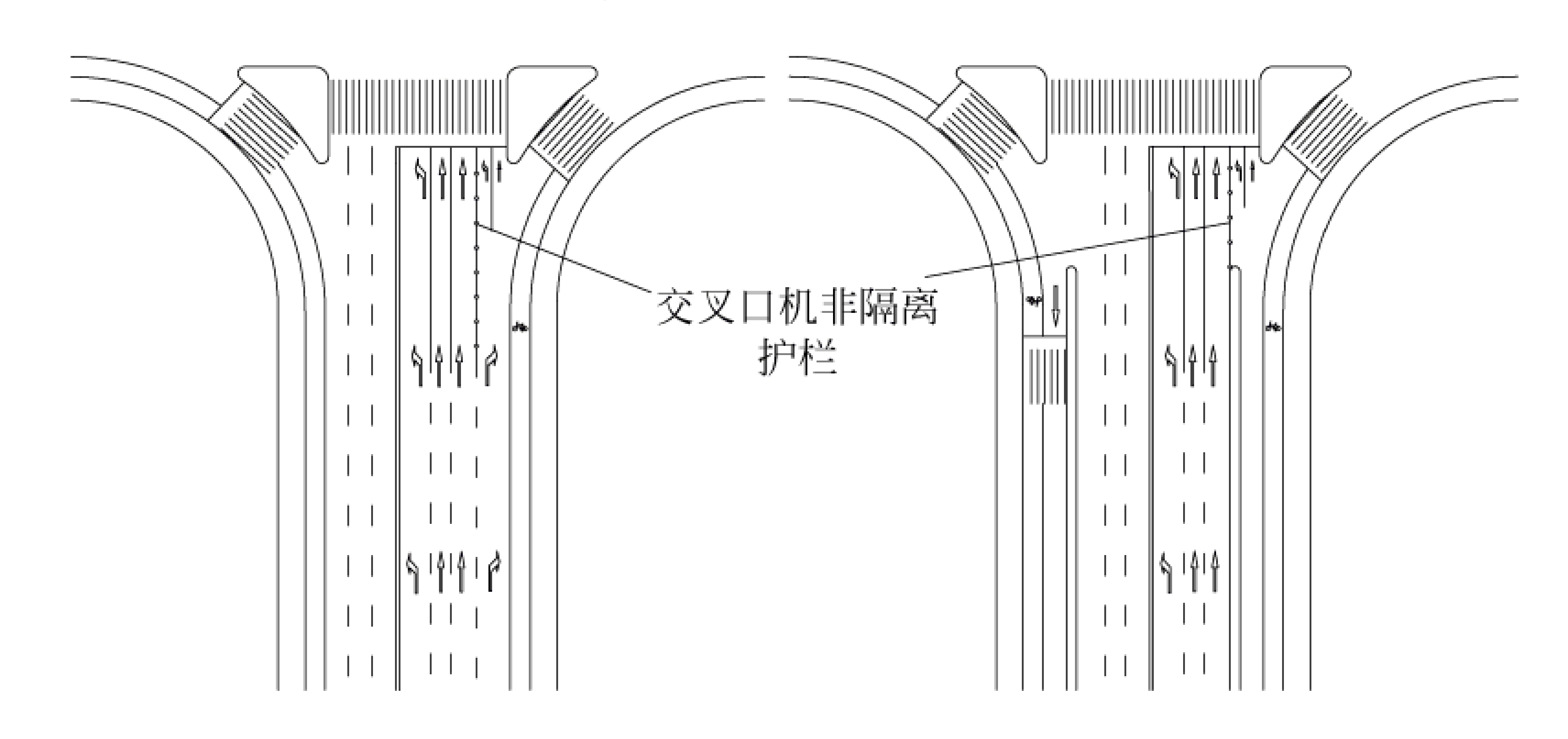


图 7-6　交叉口机非隔离护栏设置

对于有机非隔离带的交叉口，交叉口机非隔离护栏的设置长度比较容易确定，从停止线设置到机非隔离带端头即可，若机非隔离带端头直接设置到停止线，则不需要设置机非隔离护栏。

对于没有机非隔离带的交叉口，机非隔离护栏的设置长度需要进行初步计算，假设电动自行车在停止线后呈队列形式整齐排列，建议计算经验公式如下：

$$L=[(v\times r-s_1/s_{ec})/(w/d)]\times l\times \alpha$$

其中：v——电动自行车流率，辆/s；

r——红灯时间，s；

s_1——渠化安全岛停放电动自行车的有效面积，m^2（扣除绿化和行人占用部分）；

s_{ec}——单个电动自行车停止状态下的平均占地面积，m^2；

s_1/s_{ec}——安全岛上停放的电动自行车辆数；

w——电动自行车候驶区（原摩托车候驶区）宽度，m；

d、l——电动自行车停放状态下的横向宽度和长度，m；

α——电动自行车驾驶人行为修正系数（不同城市修正系数不同，主要是针对电动自行车纵向排列行为，有些电动自行车驾驶人愿意车头对车尾整齐排列，有些驾驶人愿意穿插进前排驾驶人的空隙排列，在南宁市修正系数取 0.8）。

在上述经验公式的指导下完成机非护栏的设置，但是在具体设置中，还要根据交叉口的具体情况，以及右转机动车轨迹进行优化调整，一般而言在一幅路或两幅路有渠化安全岛的交叉口，设置进口方向机非护栏长度为 15～24m。

3）配套设置电动自行车引导标志

用以告知电动自行车可以通过跨越右转导流路进入交叉口进口方向停车等待。

4）电动自行车跨越右转导流路的机非虚实线

这一段虚实线的设置，建议从交叉口右转导流路中右转弯机动车辆转弯的起点开始，到安全岛岛头与机非边缘线距离最短处为止。

3. 没有渠化安全岛的交叉口

对于电动自行车驾驶人来说，还有一类交叉口是交叉口进口方向没有渠化安全岛的交叉口，这一类交叉口的停车等待区域的确定相对于有渠化安全岛的交叉口来说有一定的难度。

与设置有渠化安全岛的交叉口相比，没有渠化安全岛的交叉口，电动自行车停车驻留就明显缺少了一处停车驻留的区域，因此如何在没有渠化安全岛的交叉口为电动自行车增加设计一处停车驻留空间成为关键。

常规而言，在没有渠化安全岛的交叉口，非机动车道的尽头与从停止线开始的区域往非机动车道的上游方向都是电动自行车停车驻留的区域。但是在具体的交通管理实践过程中发现，交叉口范围内有一部分区域是很少有交通工具进入的，这部分区域应该能用于电动自行车驻留。

4. 确定电动自行车驻留区域

在没有设置渠化安全岛的交叉口，交叉口的进口方向有一块区域基本没有交通冲突点，该区域位于进口方向的直行机动车、右转机动车和相交道路直行非机动车轨迹和人行横道围合的四边形区域，如图 7-7 所示，这块区域是可以用于电动自行车驻留的。

交叉口这块区域，在能确保基本的交通安全的前提下，恰好位于进口方向右转弯机动车与直行机动车分流的前方，电动自行车进入这块区域，一方面能提前进入交叉口，另一方面，又对其他流向的机动车和相交道路的非机动车通行不构成影响。

5. 设置电动自行车候驶区

确定了电动自行车可以利用的停车等待空间后，就可以考虑设置电动自行车候驶区了。根据交叉口的实际情况，电动自行车候驶区的设置首先需要明确电动自行车候驶区进入交叉口的最大范围，如图 7-8 所示。

（1）与停止线平行的电动自行车候驶区停止线（AB）的位置由相交道路的路沿石边缘的连线确定；

（2）与停止线垂直的左侧边线（DA），由右转机动车与直行机动车车道边缘线的延长线与 AB 的交点确定；

（3）圆弧 CB 由靠右转机动车一侧的非机动车道边缘线的延长线上的点为起

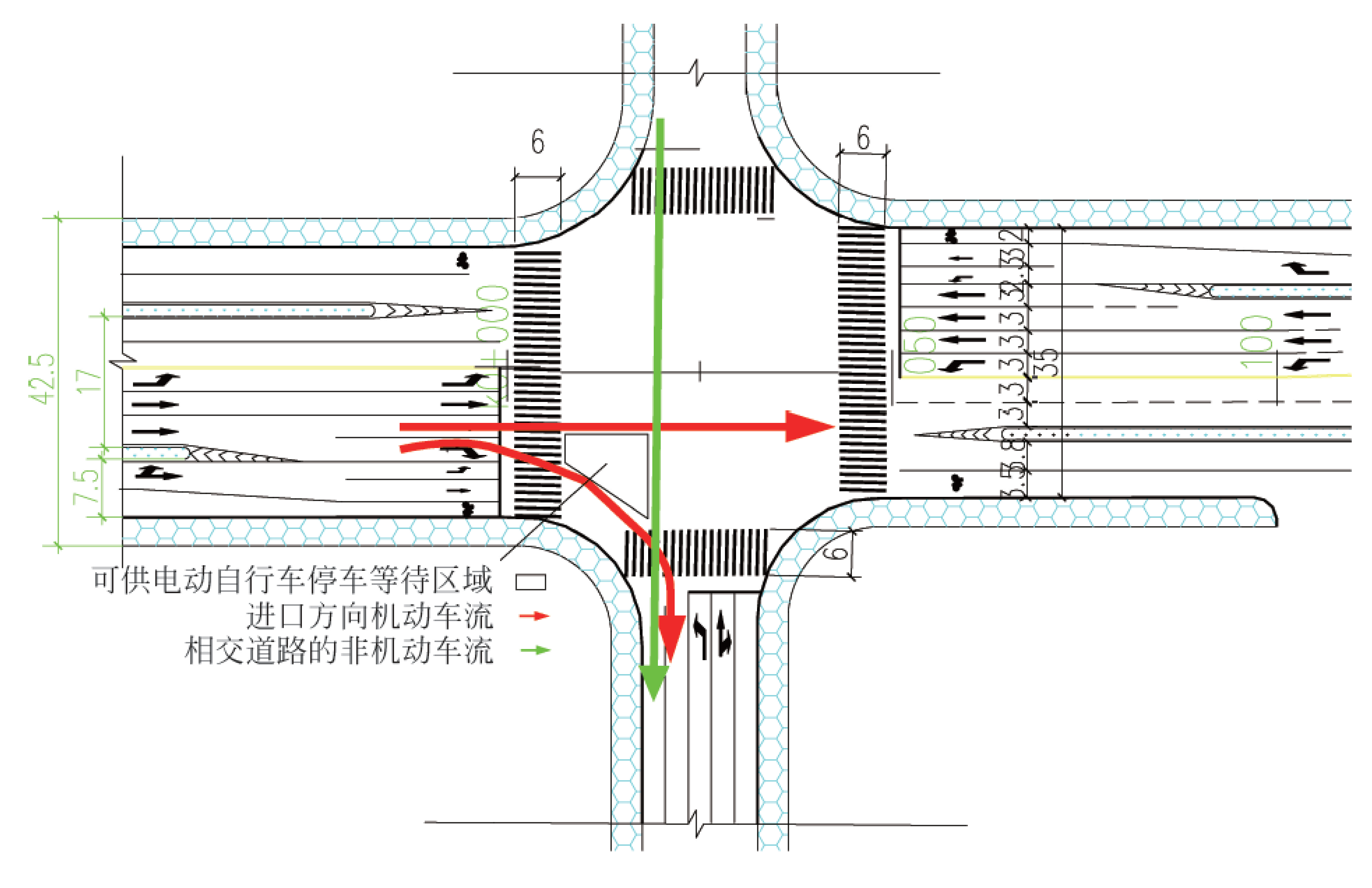


图 7-7　可能的电动自行车驻留区域

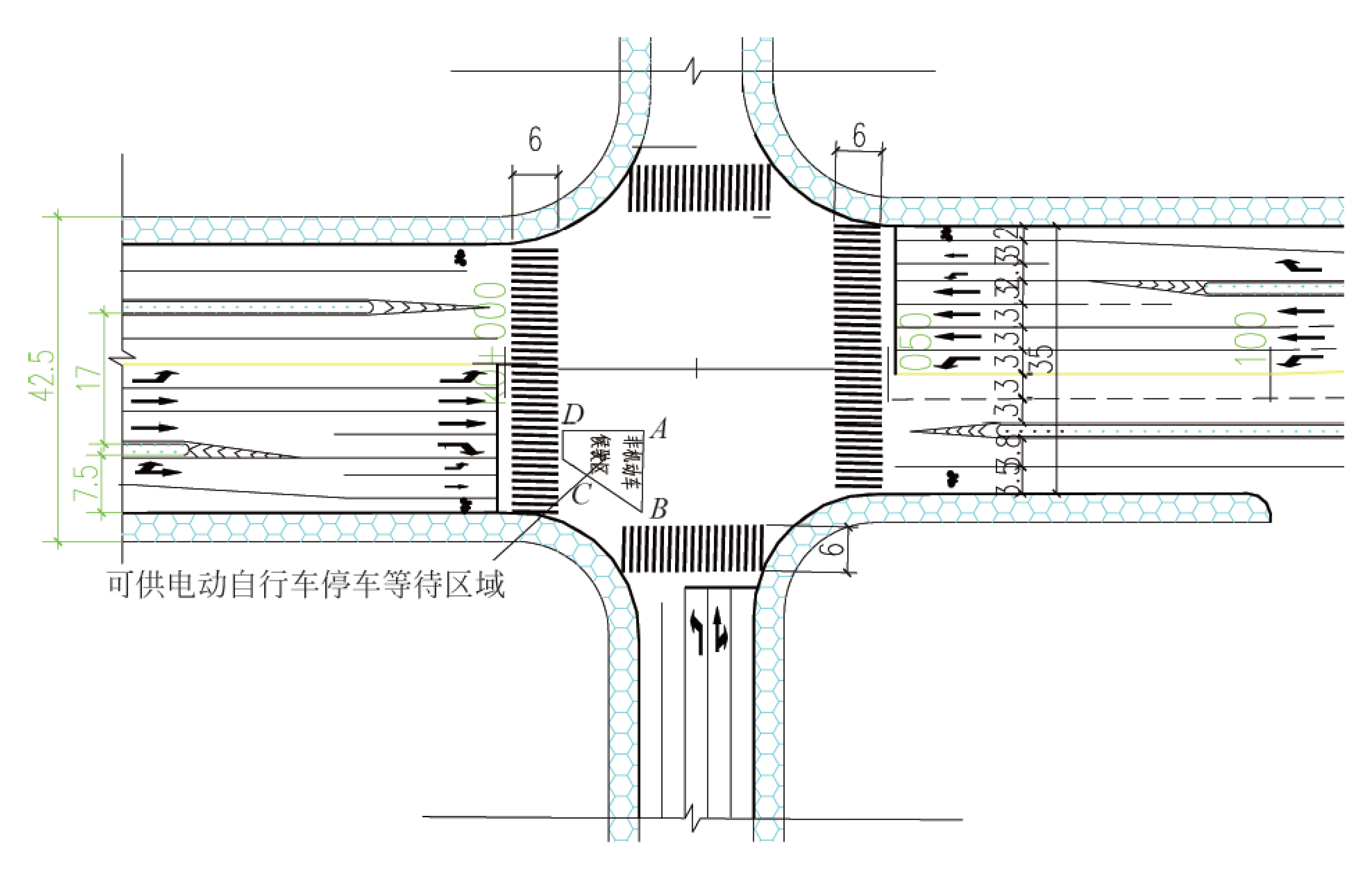


图 7-8　非机动车候驶区设置示意图

点，右转机动车左侧轨迹为边线与 AB 相交的范围确定；

（4）在划定的范围内，用文字或文字加图案的形式注明“非机动车候驶区”，若经费允许，可以将该区域利用彩色标线予以明示。

6. 候驶区范围大小的确定

候驶区范围根据不同交叉口有不同取值，一般来说，由交点 A、B、C、D 共同确定。

(1) AB 段的最小值。根据电动自行车通行交叉口的膨胀特性，为了减少电动自行车通行交叉口对直行方向机动车的干扰，通过设置电动自行车候驶区，提前释放电动自行车膨胀能量，因此 AB 段的最小值应能确保有效释放其膨胀能量：

$$L_{AB} = w \times \beta$$

其中：L_{AB}——电动自行车候驶区 AB 段的最小长度，m；

w——交叉口进口方向电动自行车道的宽度，m；

β——电动自行车膨胀率。电动自行车膨胀率根据不同车型有一定的变化，需要根据不同交叉口进行测算，若交叉口以脚踏电动自行车为主，则 β 为 1.5，若交叉口以踏板型电动自行车为主，则 β 为 2.0。综合考虑南宁市的实际情况，β 取值通常为 1.8 左右。

AB 段的最大值可以根据交叉口的实际需求，结合信号控制系统的设置，A 点可以往道路中线方向偏移，甚至可以将电动自行车候驶区全体设置于进口方向机动车前。

通过设置电动自行车候驶区，提前释放了电动自行车的膨胀能量，确保其在通过交叉口的过程中，规范起点的通行轨迹，最大限度减少电动自行车在通过交叉口过程中出现 S 形轨迹，减少其对机动车通行的影响，减少交通安全隐患。

(2) AD 和 CB 段取值。该段取值主要由进口方向人行横道线与 AB 的相对位置确定。一般来说，若人行横道线与 AB 之间的宽度小于 2 辆电动自行车的宽度，则没有必要设置电动自行车候驶区。

7.2.5　明确不同信号灯状态下电动自行车通行方案

根据《中华人民共和国道路交通安全法》和《道路交通信号灯设置与安装规范》(GB 14886—2016)，道路交通信号灯分为机动车信号灯、方向指示信号灯、非机动车信号灯和人行信号灯等几大类，但是由于电动自行车驾驶人没有经过较为系统的交通安全培训，因此在辨识交通信号灯和明确自身通行权方面存在很多不足。因此有必要通过明确简单的通行规则告知电动自行车驾驶人正确认知自己的通行权和通行路径。

1. 完善交通信号灯

电动自行车驾驶人在交叉口驻留，能观察到的交通信号灯如图 7-9 所示。

电动自行车在信号控制交叉口的通行需要明确：

(1) 在安装有非机动车信号灯的交叉口，电动自行车通行应根据非机动车信号灯的指示通行；

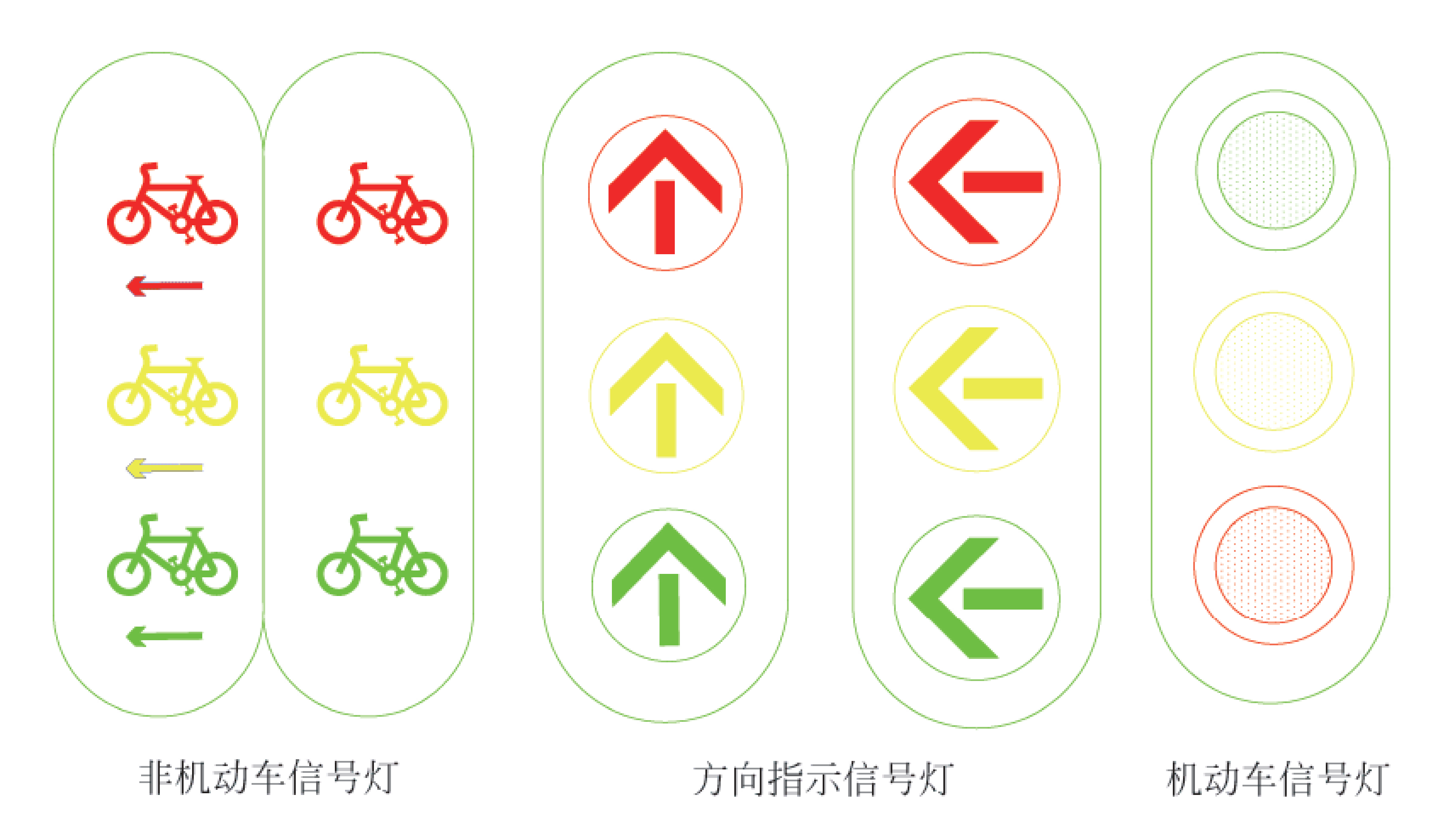


图 7-9　电动自行车驾驶人可能观察到的信号灯

(2) 在没有安装非机动车信号灯的交叉口，电动自行车的通行应参照机动车信号灯的指示通行。

2. 明确电动自行车在交叉口通行的路径

电动自行车在交叉口停车等待，观察交通信号灯变换，在获得自身通行权的时候，需要明确通行的轨迹。

1) 遇到直行信号状态的通行轨迹

电动自行车遇到明确的直行信号，包括不带箭头的非机动车信号灯图案和机动车方向指示信号灯中的直行箭头图案，如图 7-10 所示。在遇到直行信号的时候，电动自行车的通行路径应如图 7-11 和图 7-12 所示。

在遇到直行信号的时候，在交叉口进口方向电动自行车驻留区范围的直行电动自行车需要按照如下轨迹通行：

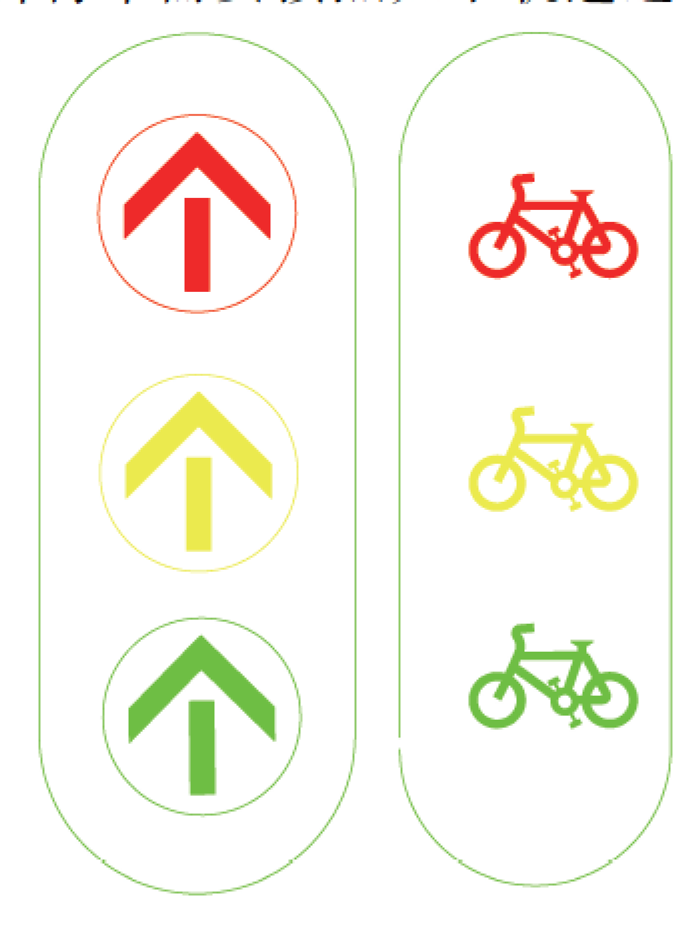


图 7-10　电动自行车可能观察到的直行信号

(1) 在渠化安全岛驻留的直行电动自行车，通过人行横道标线，进入对向渠化安全岛，通过渠化导流路，进入出口方向非机动车道通行，驶离交叉口，如图 7-11 中线路 1 所示；在进入电动自行车停车等待区的直行电动自行车，直接通过停止线，进入出口方向非机动车道通行，驶离交叉口，如图 7-11 中线路 2 所示。

(2) 当没有渠化安全岛时，在电动自行车候驶区驻留的电动自行车，直行通过交叉口时应当在对向电动自行车候驶区外侧通行，进入出口方向非机动车道通行，驶离交叉口，如图 7-12 中线路 1 所示。

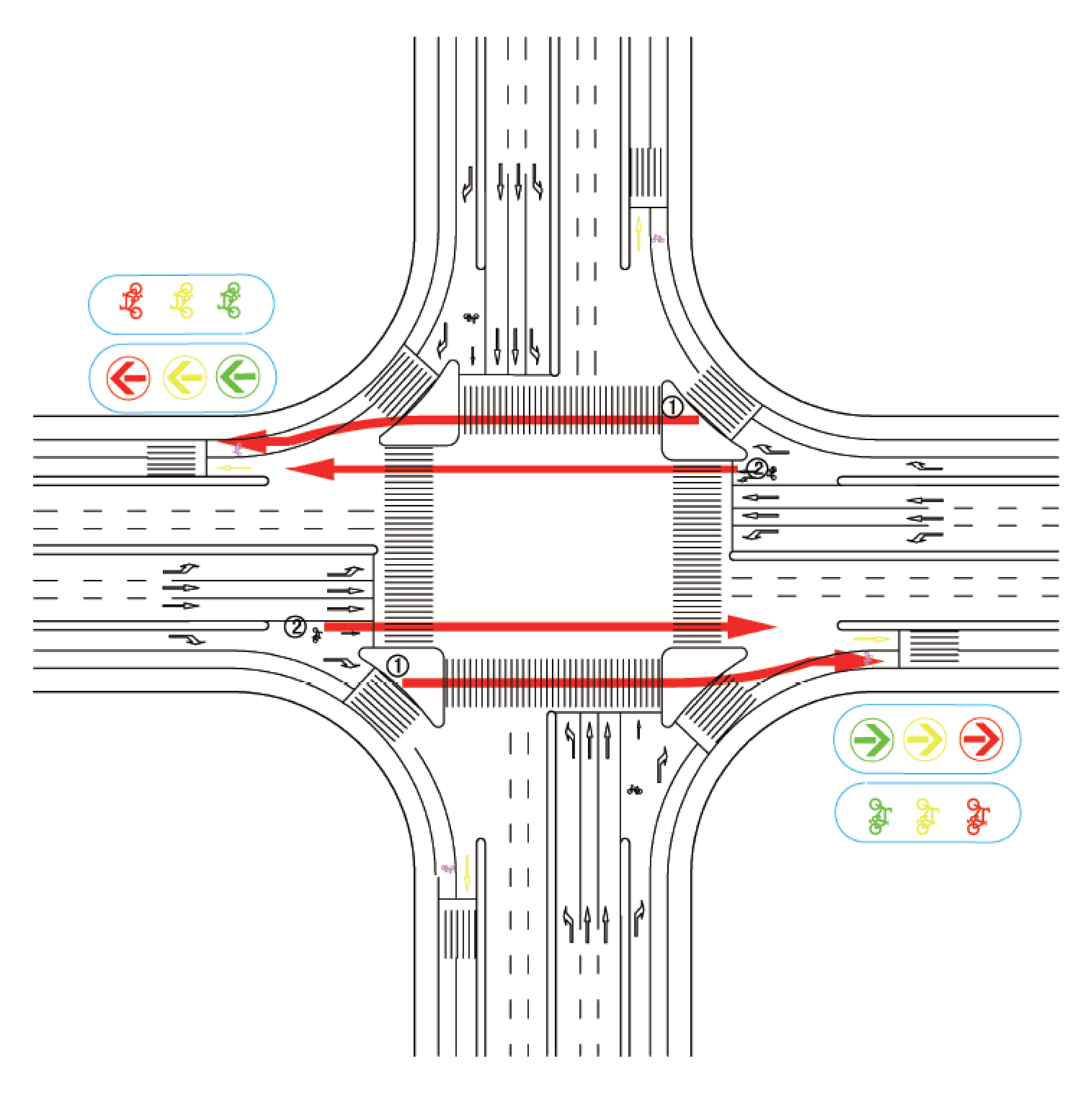


图 7-11　有渠化安全岛的交叉口电动自行车遇到直行信号的通行轨迹

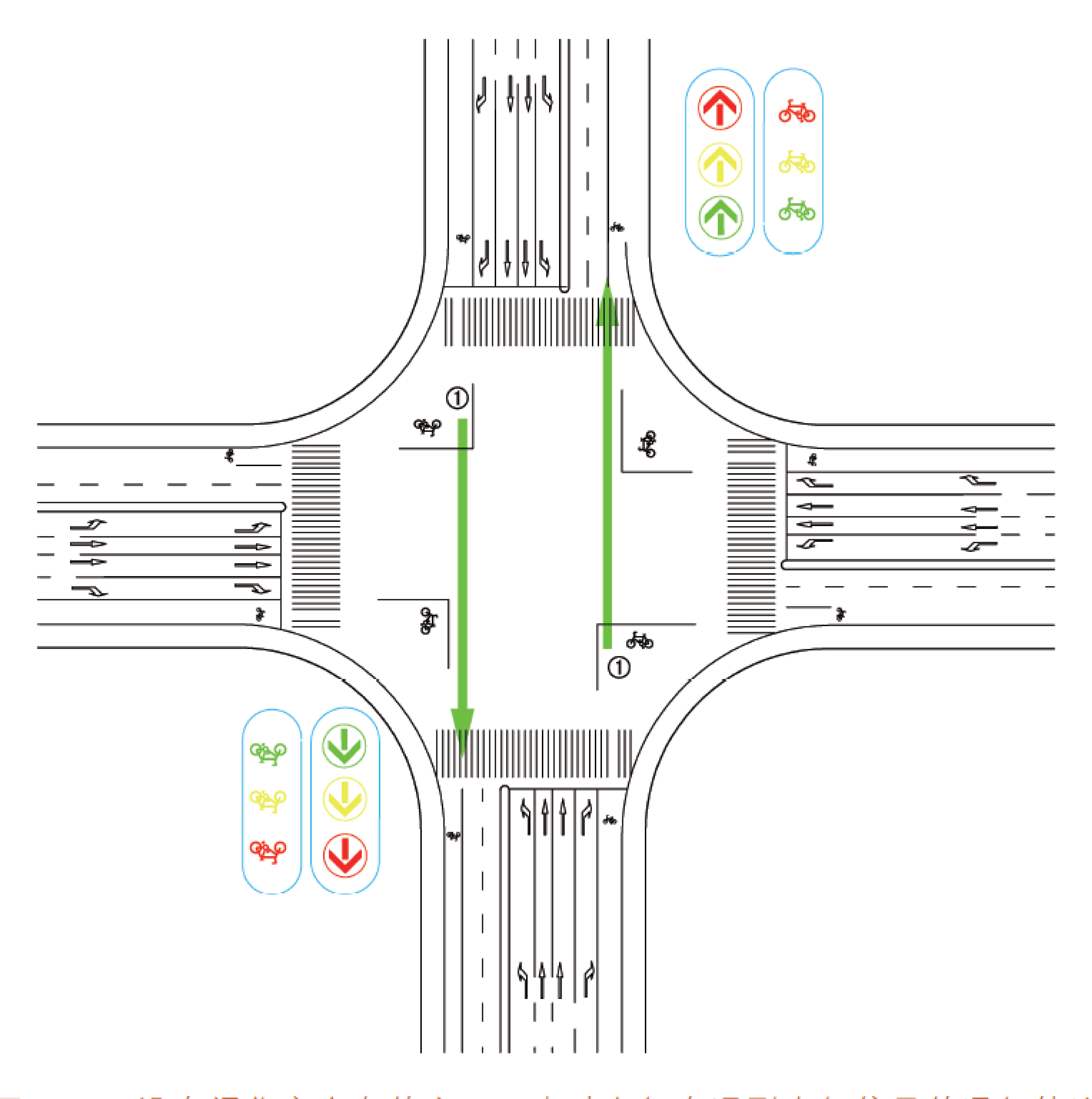


图 7-12　没有渠化安全岛的交叉口电动自行车遇到直行信号的通行轨迹

2）遇到左转弯信号状态的通行路径

电动自行车遇到的明确的左转弯信号主要包括：带左转指示箭头的非机动车信号灯图案和机动车方向指示信号灯中的左转箭头图案，如图 7-13 所示。

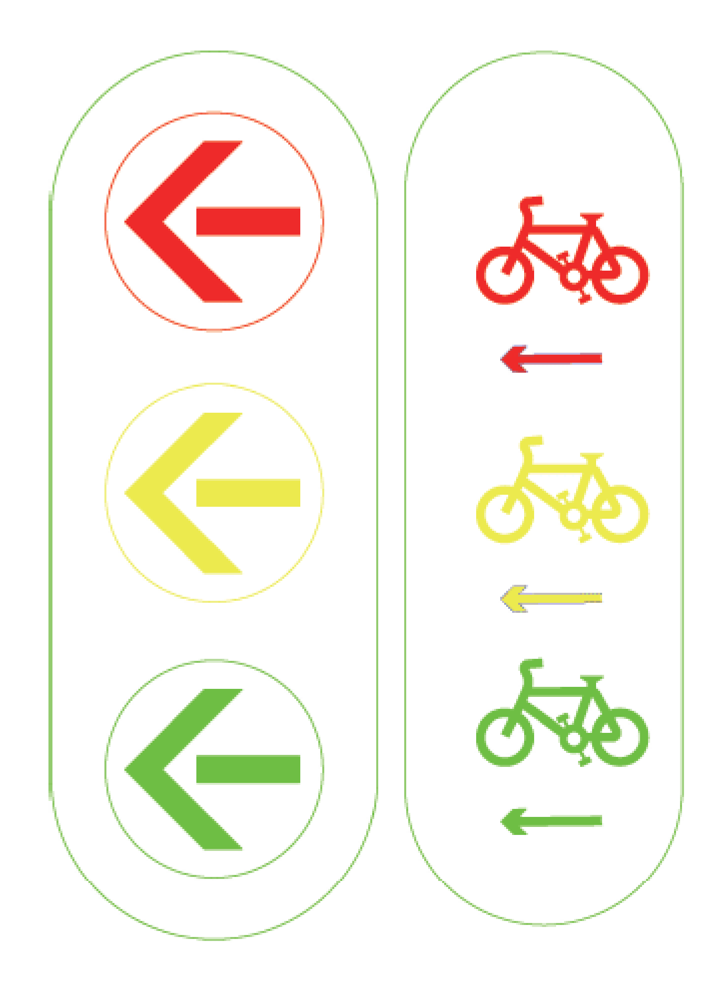


图 7-13　电动自行车可能观察到的左转信号

在遇到左转信号的时候，电动自行车的通行路径应如图 7-14 和图 7-15 所示。

在遇到左转专用信号的时候，在交叉口进口方向电动自行车驻留区范围的左转电动自行车需要按照如下轨迹通行：

（1）在渠化安全岛驻留和在电动自行车停车等待区驻留的左转电动自行车，利用左转弯机动车通行轨迹的间隙，直接左转弯通过相交道路出口方向的非机动车道驶离交叉口，如图 7-14 中线路 1、2 所示。

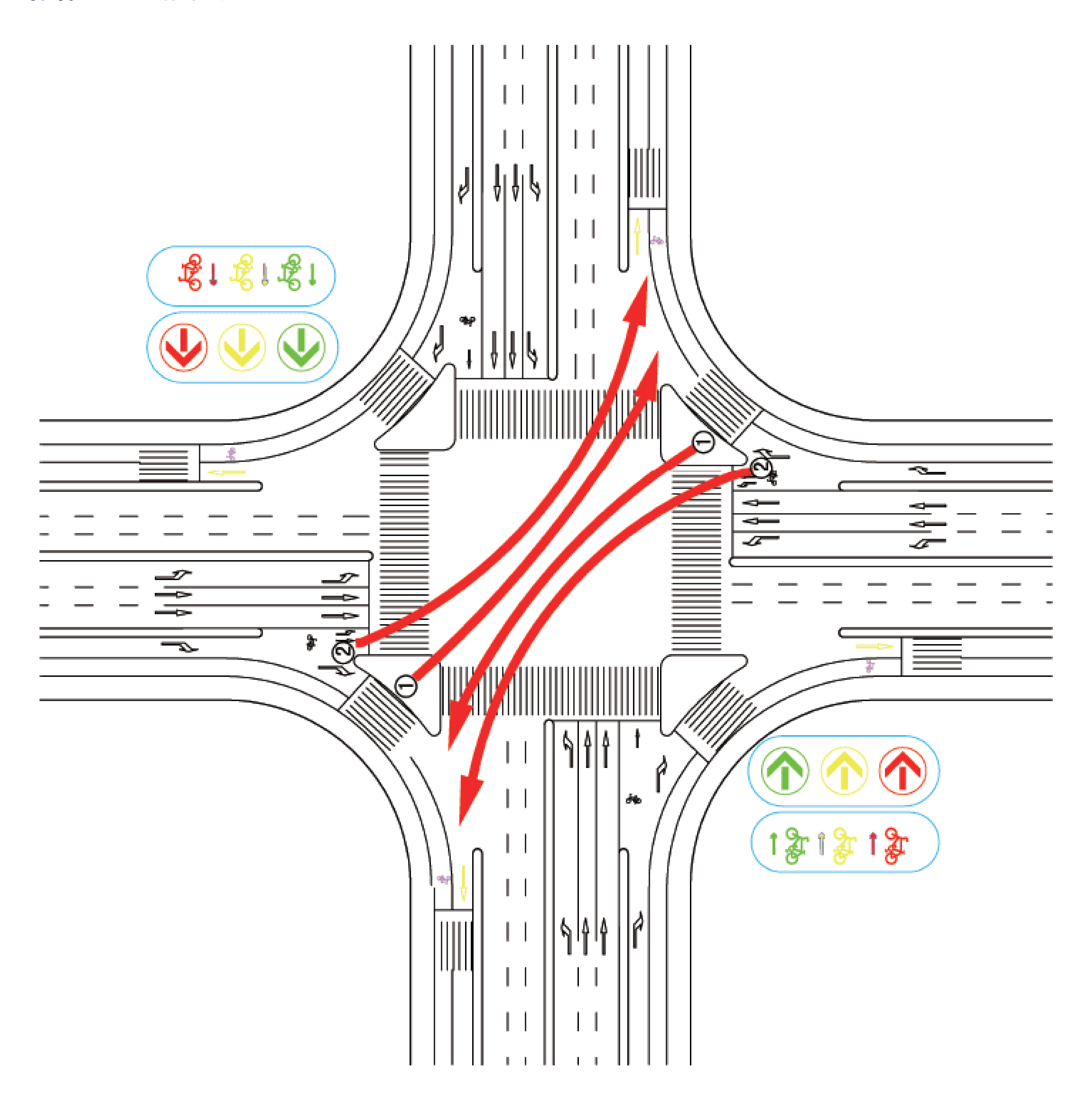


图 7-14　有渠化安全岛的交叉口电动自行车遇到左转信号的通行轨迹

（2）在没有渠化安全岛的交叉口，在电动自行车候驶区驻留的左转电动自行车，利用左转弯机动车通行轨迹的间隙，直接左转弯，在相交道路电动自行车候驶

区外侧通行，进入出口方向非机动车道，驶离交叉口，如图 7-15 中线路 1 所示。

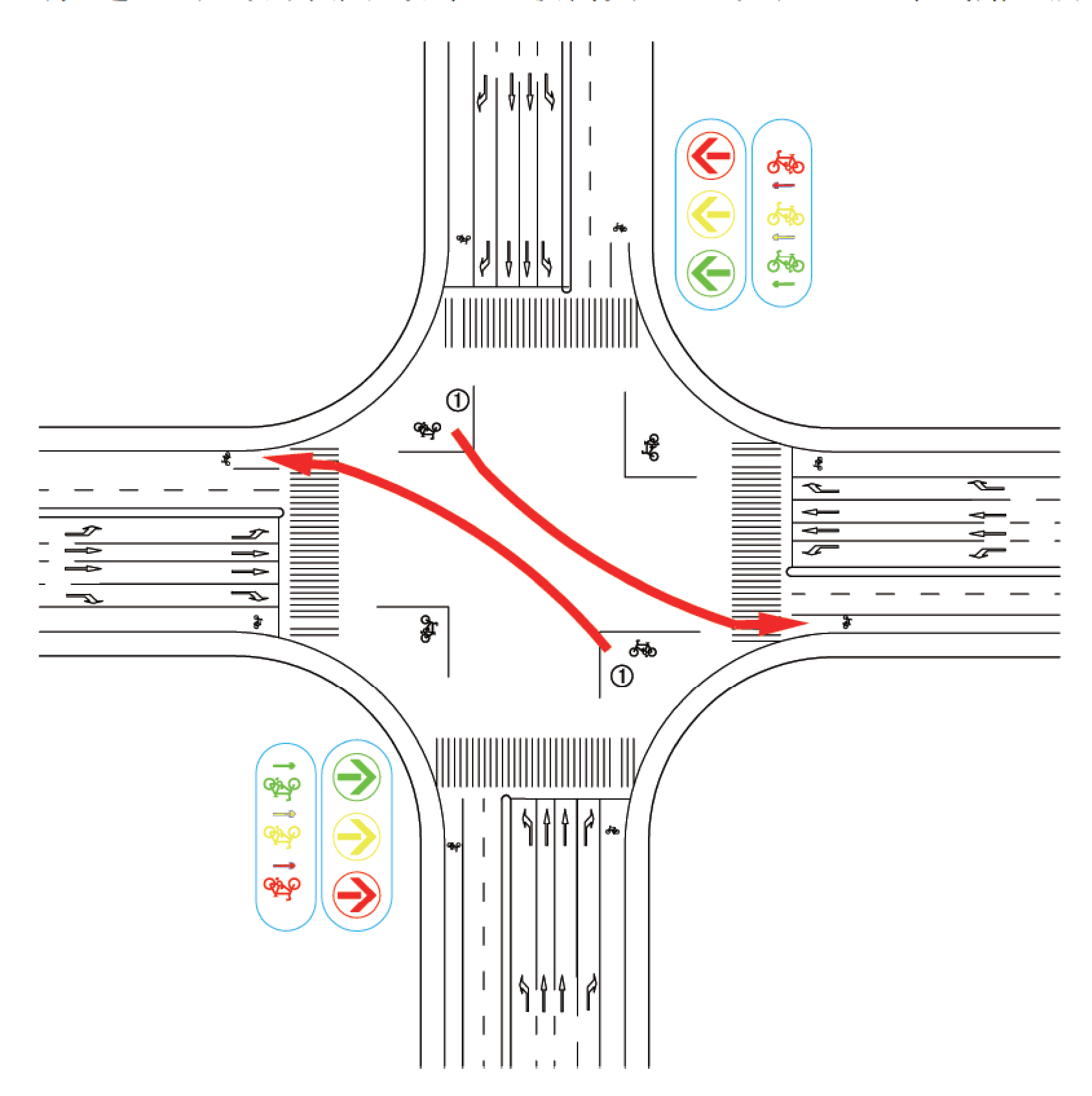


图 7-15　没有渠化安全岛的交叉口电动自行车遇到左转信号的通行轨迹

3）遇到机动车左转弯和直行信号同时放行

遇到机动车左转弯和直行信号同时放行的时候，左转电动自行车为避免与直行机动车之间的冲突，应该二次直行通过交叉口，如图 7-16 和图 7-17 所示。

左转电动自行车通过“二次直行”通过交叉口的路径如下：

（1）在有渠化安全岛的交叉口，驻留在安全岛上的左转电动自行车和电动自行车等待区左转车道的电动自行车，应该在本进口车道直行机动车的右侧通行，至相交道路同侧安全岛上或安全岛的前方对应出口方向非机动车道的位置（待行区）停车等待，实现第一次直行过街，如图 7-16 线路 1；待相交道路等待通行方向的直行机动车信号放行的时候，与待行区同侧的直行电动自行车共同直行通过交叉口，第二次直行过街，如图 7-16 线路 2，最终完成左转弯通行交叉口。

（2）在没有渠化安全岛的交叉口，驻留在非机动车候驶区的左转电动自行车，应该在本进口方向的直行机动车的右侧通行，至相交道路同侧电动自行车候驶区的位置停车等待，实现第一次直行过街，如图 7-17 线路 1；待相交道路等待通行方向的直行机动车信号放行的时候，与待行区同侧的直行电动自行车共同直行通过交叉口，第二次直行过街，如图 7-17 线路 2，最终完成左转弯通行交叉口。

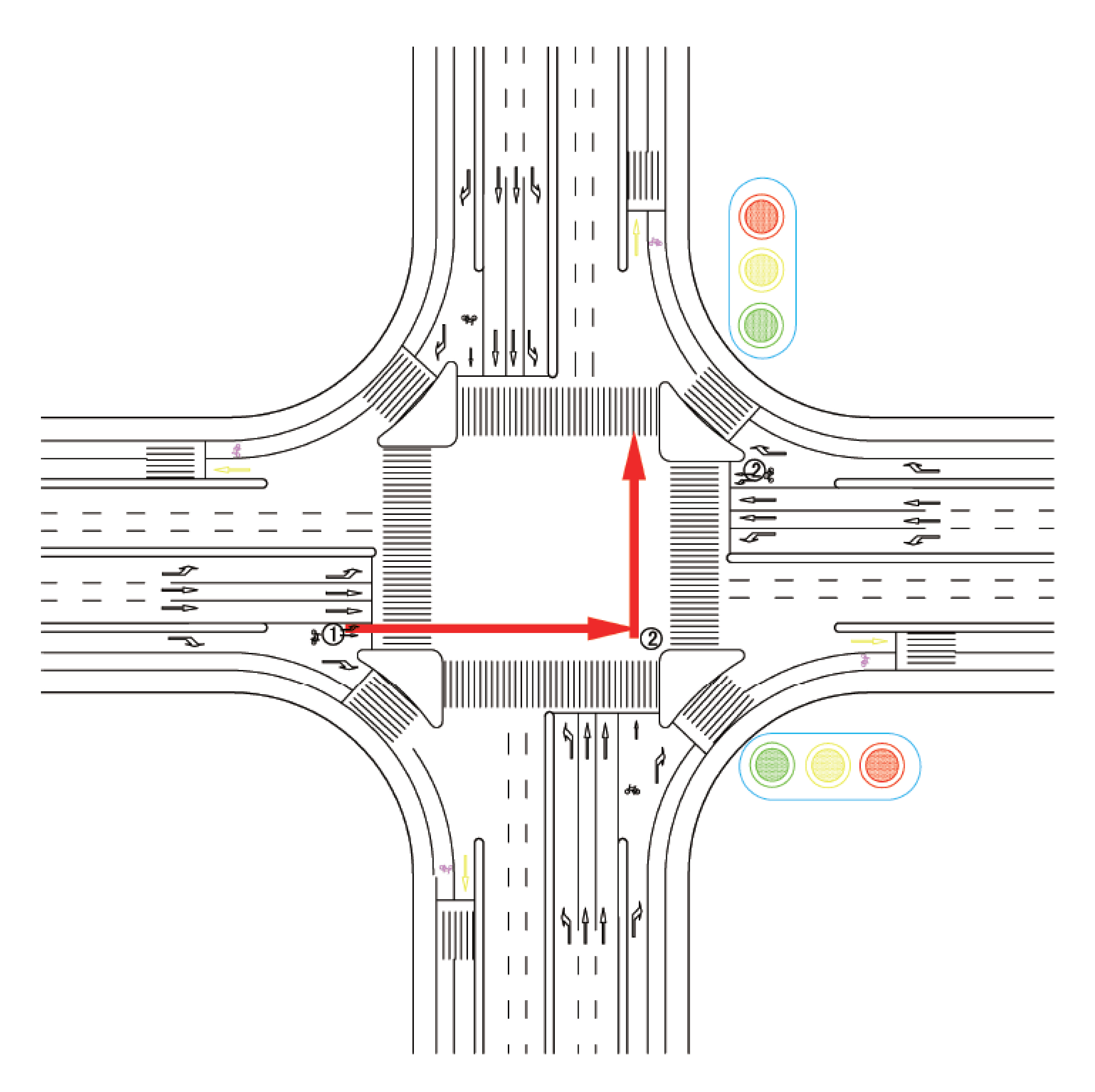


图 7-16　有渠化安全岛交叉口电动自行车二次直行通过交叉口路径

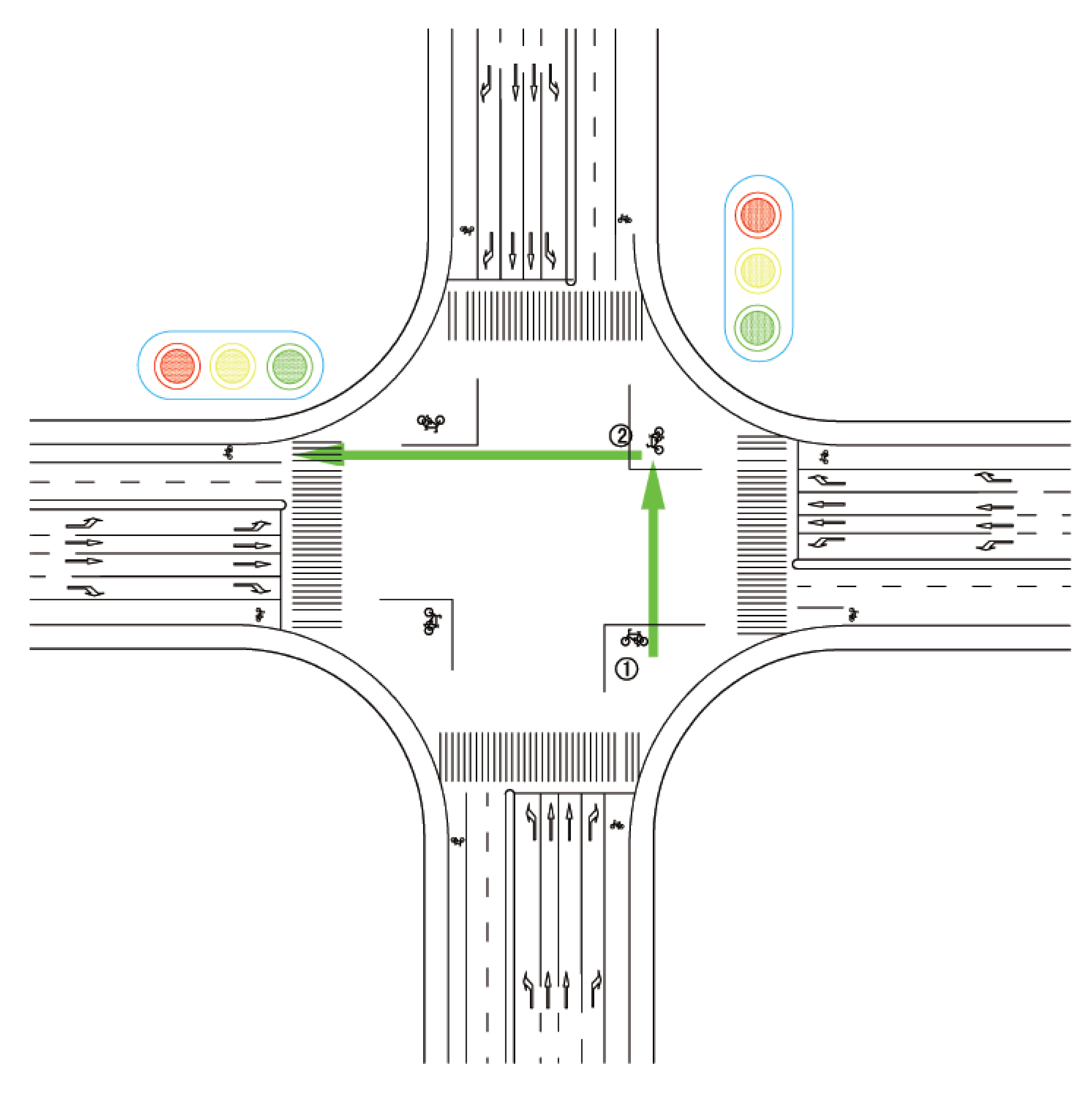


图 7-17　无渠化安全岛交叉口电动自行车二次直行通过交叉口路径

电动自行车二次直行通过交叉口，就会面临在图 7-16 和图 7-17 的图示中，线路 1 的终点和线路 2 的起点处（简称直行转换点）停车驻留的问题。在实际的交通管理工作中，在直行转换点的停车驻留存在一个在信号放行空隙的虚拟电动自行车驻留区，如图 7-18 所示。

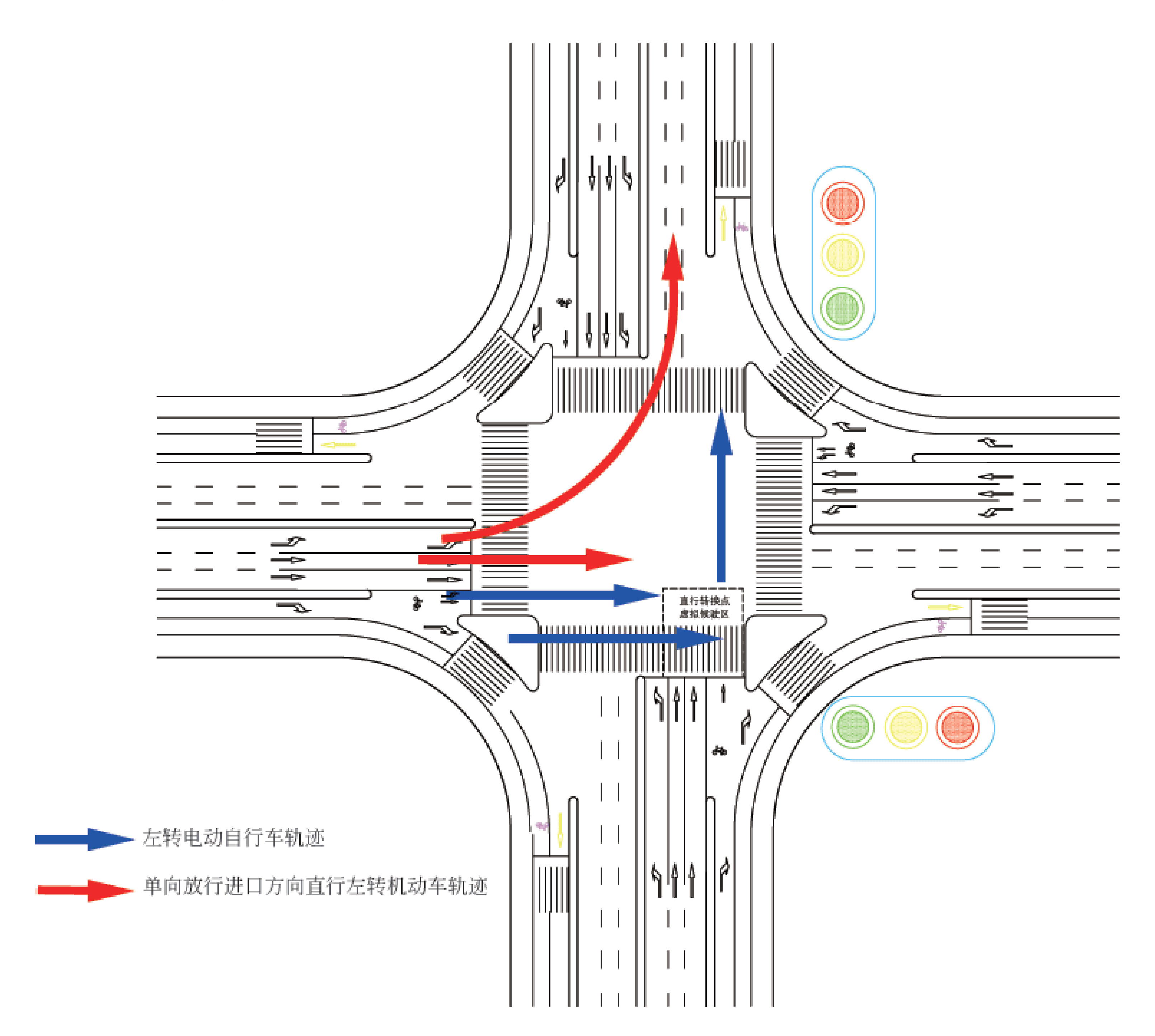


图 7-18　渠化安全岛交叉口电动自行车二次直行通过路口虚拟候驶区示意图

在这个虚拟候驶区中，一般包括相交道路方向的人行横道线，以及人行横道线到本方向最右侧直行机动车的右侧边缘。这块区域的面积大小根据不同交叉口的实际和形状确定。一般来说，直行转换点的虚拟候驶区都能满足左转电动自行车在此处转换通行方向。

对于没有设置渠化安全岛的交叉口，直行转换的虚拟候驶区基本与设置的电动自行车候驶区相重合，在实际的交通管理工作中，交通警察可以结合交叉口的信号控制方案，合理调整电动自行车候驶区中停车等待的电动自行车数量。



7.3　电动自行车候驶区特点分析

7.3.1　优点与存在的不足

1. 优点

1）大幅提升电动自行车驻车空间

随着电动自行车爆发式增长，电动自行车流的日益壮大导致交叉口停驻车空

间的不足，造成电动自行车与机动车抢占交叉口驻车空间，机非冲突加剧，交叉口通行效率低下。在有条件的交叉口设置安全岛供行人和非机动车驻留，并利用原路段摩托车通行空间设置交叉口电动自行车专用候驶区，大幅提升了交叉口非机动车驻车空间，为日益增长的电动自行车所进行的电动自行车交通组织奠定了基础。根据南宁市已设置电动自行车候驶区交叉口现状案例，对于可设置渠化安全岛的交叉口，综合考虑进口道右转弯半径、车道宽度合理设置停车驻留区，单进口道非机动车停车驻留面积较改善前可增加30%～50%。

2）有效提高交叉口通行能力

在信号交叉口，当左转专用信号相位启动时，左转机动车和非机动车同时放行。当非机动车较少时，非机动车对机动车的影响几乎可以忽略。但随着非机动车数量的逐渐增加，非机动车膨胀宽度的不断增大，会逐渐占用机动车在交叉口的道路资源，迫使机动车减速行驶，造成了延误，降低了左转机动车的通行能力。在条件适宜的交叉口设置电动自行车候驶区，能从空间上隔离机非冲突，非机动车与机动车的交通冲突点的空间隔离降低了机动车绿灯初期通行时间的损失，较大程度地提高了进口道的通行能力。南宁市现有已设置的非机动车候驶区可容纳9～12辆非机动车，若进口道取600pcu/h的非机动车流量及120s的交叉口信号周期，可减少45%～60%的机非冲突影响。

3）减缓机非冲突，降低交通安全隐患

大量的研究表明，在道路平面交叉口，左转非机动车与直行机动车之间的冲突是影响非机动车交通安全的主要冲突形式。

电动自行车及其他非机动车通过交叉口时具有成群性、多变性、单行性等特点，启动快且灵活，在非机动车流量不是很大的交叉口，将候驶区设置在非机动车及右转停车线前方，既能够缩短非机动车通过交叉口的时间，同时也缩短了非机动车到达冲突区域的时间，使得电动自行车可以在机动车到达冲突区前通过冲突区域。这样既可以减少部分机动车的延误，又保证了电动自行车优先机动车通过冲突区，提高交叉口非机动车使用者的交通安全性。

4）提升交叉口行车秩序，保障行人过街安全

停车驻留区的设置不仅明确了左转和直行电动自行车驻留空间，避免电动自行车集中驻留在安全岛或原摩托车驻留区造成排队等待溢出侵占机动车道的问题，而且机非车辆的空间隔离，一定程度上避免了电动自行车的膨胀特性对机动车行驶的干扰，改善了交叉口的行车秩序。在有条件设置渠化安全岛时，可以为转弯车辆提供较好的行驶路线和条件，既保障了等待绿灯信号过街的行人安全，又对右转交通流起到了规范引导作用，避免产生混乱、拥挤和交通事故。

5）交叉口景观的提升

城市道路平面交叉口景观是城市景观的重要组成部分，既有自然属性，也有社会属性，是复杂的景观空间系统。交叉口空间的景观功能不容忽视，它不但能体现

城市和地区的个性和特色，还能丰富城市的文化内涵，增添城市的魅力。由于交叉口位置特殊，决定了其景观构成也比较特殊。通过道路画线设置非机动车候驶区，在有条件的交叉口设置渠化安全岛等交通组织措施不仅满足了非机动车对提升通行能力的诉求，增强了行人、非机动车出行安全性，也增加了交叉口景观要素，提升了城市的人文景观和生态景观。

2. 存在的不足

1）电动自行车流量较大时方法适用性不佳

当进口道电动自行车流量较大时，由于停车等候车辆过多，易造成排队过长、驻留区等待溢出等问题，可能致使电动自行车侵占机动车道与人行横道驻留，在进口道红灯期间不仅影响了行人的通行便利和安全性，绿灯启亮后又由于驻留车辆过多，左转行驶速度较慢，穿插机动车间距通行，造成机动车车头间距增大，延误增加，交叉口交通秩序紊乱。在电动自行车流量较大时，渠化导流岛设计面积不足，则可能难以满足左转自行车停留，造成电动自行车侵占车行道。

2）电动自行车在安全岛等待候车对右转及行人通行造成不便

在设置渠化安全岛的交叉口，电动自行车通过右转车道进入安全岛排队候车，必然会对车辆右转行驶造成不便，高峰小时进口道右转车辆较多时容易出现机非车流断流现象。由于电动自行车与行人在岛内等待候车，没有统一规范停车与人行空间有可能造成非机动车、行人互相影响，且存在一定安全隐患。

7.3.2 适用范围

1. 非机动车驻留区面积要求

1）无渠化安全岛非机动车驻留面积

前文已对无渠化安全岛非机动车驻留区尺寸作出分析研究，结合交叉口右转车转弯半径等要求，可对驻留区范围界定，以规范明确非机动车驻留范围，避免其等待溢出而侵占机动车道，增加机动车行车延误。前文中已提出电动自行车膨胀系数最小取值为 1.8，最大值可取范围应根据交叉口机动车、非机动车流量，信号配时综合考虑确定，结合《城市道路交叉口设计规程》(CJ 152—2010)转弯半径的要求对驻留面积进行推算，以双向 6 车道道路断面交叉口为例，如图 7-19 所示。

$$S_{min} = 1.4D \times d$$

$$S_{max} = 3.4D \times d$$

其中，D 为人行横道线与相交道路右转车道延长线之间的距离，m；d 为单车道宽度，m。实际确定设计停候区面积时为保证非机动车通行的秩序和可靠性，在有条件的情况下设计的停候面积有一定容余，推荐设计非机动车停车驻留面积计算公式如下：

$$S = n_1 \times r_b$$

其中，n_1 为进口道红灯候车时间内周期到达车辆数，辆/周期；r_b 为每辆非机动车停候时所需面积，m^2/辆，建议取值 1.4～1.8。

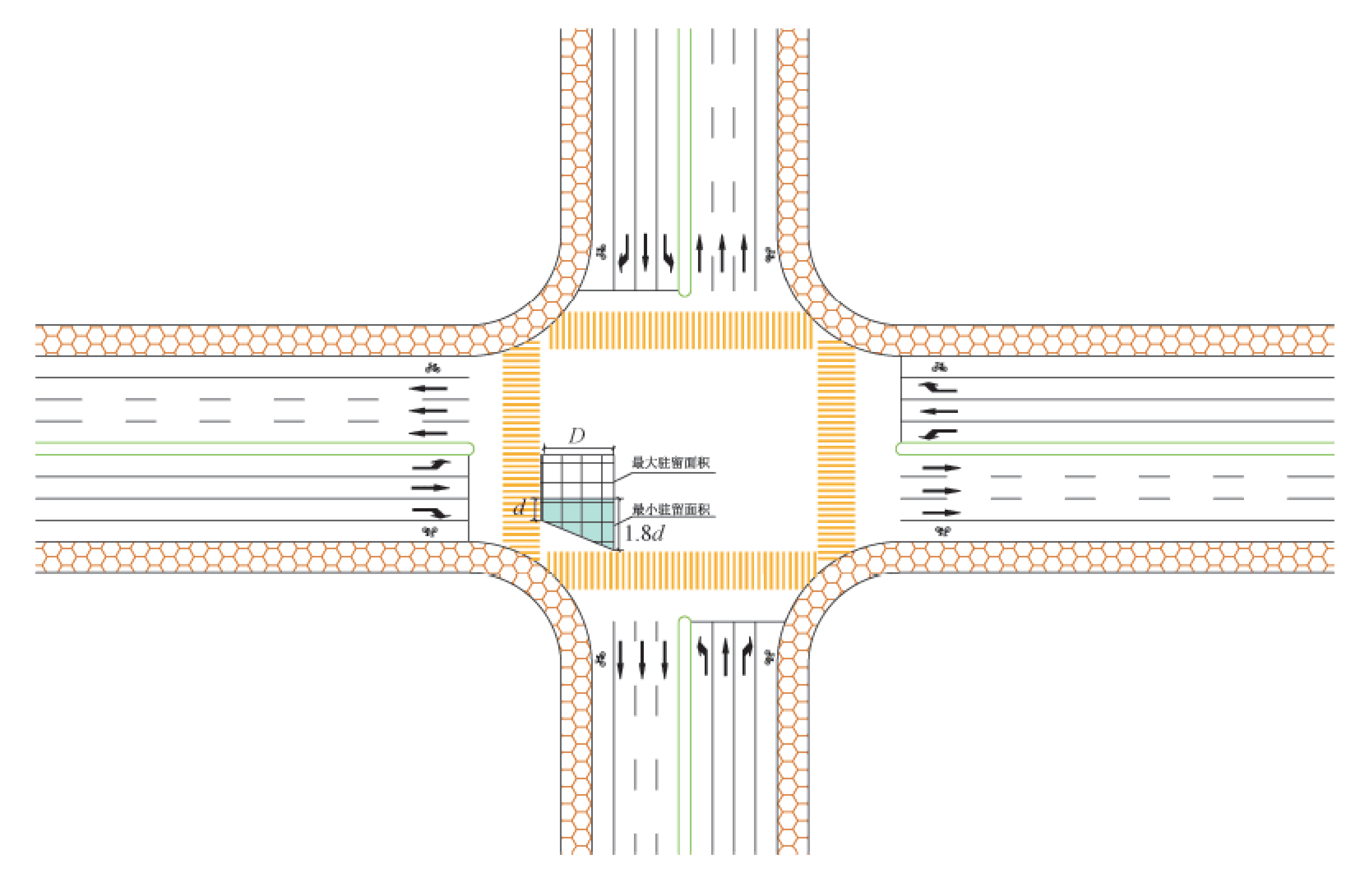


图 7-19　无渠化安全岛非机动车驻留面积

2）渠化安全岛非机动车驻留面积

《城市道路交叉口设计规程》(CJJ 152—2010)指出交通岛不应设在竖曲线顶部。交通岛面积不宜小于 7.0m^2，面积较小时，可用路面标线表示。转角交通岛兼作行人过街安全岛时，面积(包括岛端尖角标线部分)不宜小于 20m^2。导流岛的偏移距、内移距及端部圆曲线半径最小值以及各要素尺寸在《城市道路交叉口设计规程》(CJJ 152—2010)中已详细给出，实际运用中需要根据交叉口现状条件决定最佳参数，故此处不一一列出。在设置时参照车辆行驶稳定性公式给出的转弯半径，结合交叉口现状条件综合考虑后设置右转导流岛，可设置导流岛的三角形范围总体面积为

$$S = \frac{1}{8}(D_1 - d_1)(D_2 - d_2)$$

其中，D_1 为进口道道路红线宽度，m；d_1 为机动车道宽度，m。典型的有渠化安全岛的非机动车驻留面积如图 7-20 所示。

2. 交叉口间距

平面交叉口的间距对道路交通的安全和运营有非常重要的影响，合理的间距不仅能够提高道路交通的安全性，还能提高道路的运营效率。因此，在设置非机动车驻留区时不仅要考虑道路宽度、转弯半径，还需综合上下游交叉口间距(见表 7-1)，相邻道路交叉口信号灯协调配合，交通流将更加顺畅。参照《城市道路设计规范》(CJJ 37—2012)中对自行车道路网密度与道路交叉口间距规定设置非机动车候驶区。

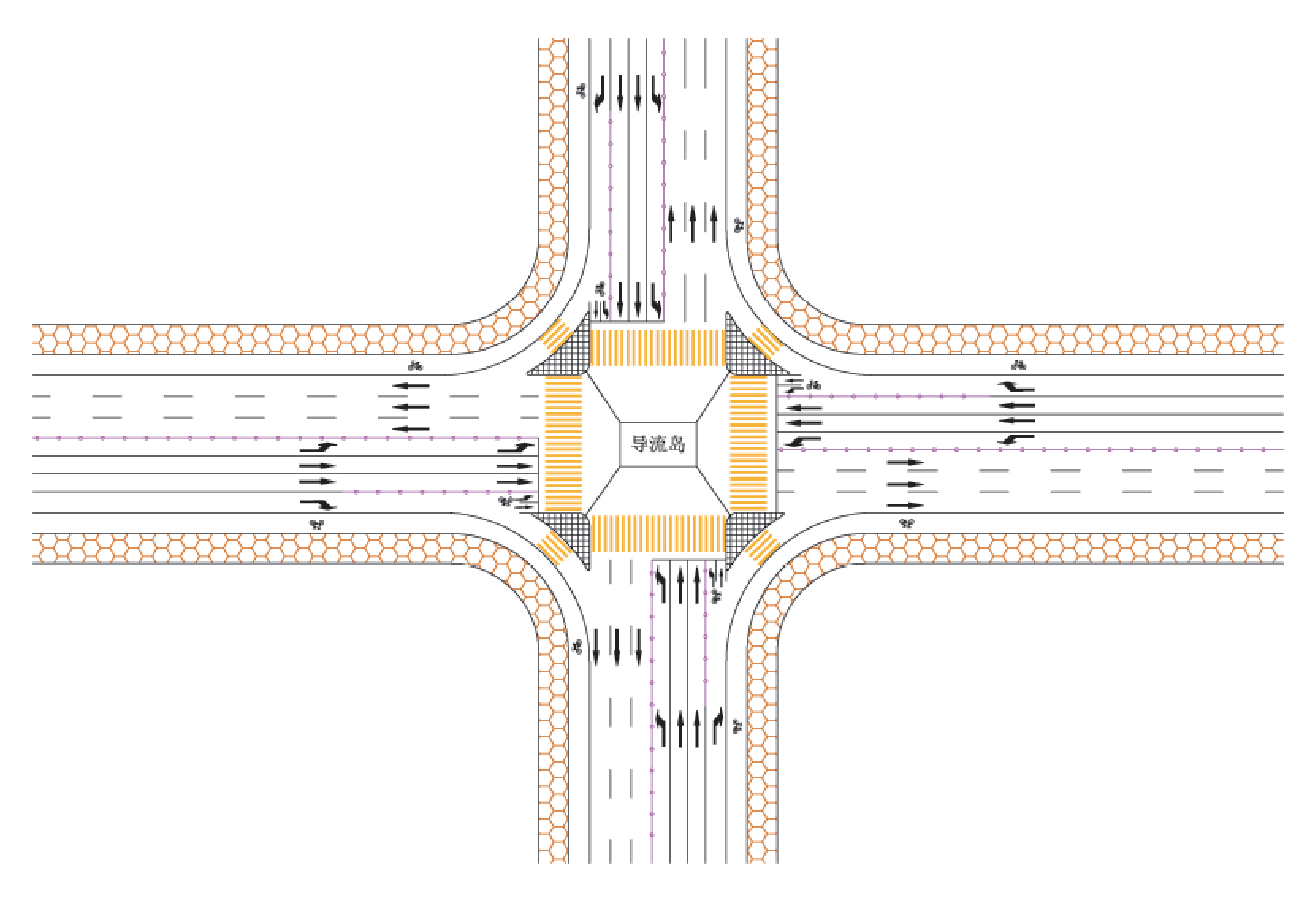


图 7-20　有渠化安全岛非机动车驻留面积

表 7-1　道路交叉口间距表

机非隔离方式	道路网密度/(km/km²)	道路间距/m
非机动车专用道	1.5～2.0	1000～1200
机非隔离设施隔离	3～5	400～600
道路画线	10～15	150～200

7.3.3　方法成本

1. 时间成本

非机动车候驶区施工周期短，施工工艺流程较简单，在交通低峰时期施工对进口道隔离进行交通标线施划，总时间成本低；而渠化安全岛的施工主要包括测量放线、导流岛主体施工、交通标线、交通标志及其他附属设施设置、人行及非机动车道铺装，虽施工工艺流程较多但施工场地较小，加大人工台班数额后施工周期较短，相应的时间成本也不大，且施工对道路交通影响较小。

2. 经济成本

对于不同类型的道路交叉口，由于其自身的宽度、流量不同，设置候驶区所产生的经济成本也不一致。采用交通标线设置非机动车候驶区时，所产生的经济成本主要为标志标线成本、人工费、后期维护费以及警力协管所产生的费用，费用相对较小，但是设置前期需要交警人员协助指引车辆驶入驻留；而设置渠化安全岛的交叉口消耗的成本主要有标志标线费、机械费、人工费、配套设施及安装费、维护费等，虽然造价较高但能够很好地被驾驶人理解，规范其驾驶行为。

3. 相关的配套措施

为配合上述电动自行车交通组织方案的顺利实施，开展了多套组合的配套措施。

(1) 强化电动自行车驾驶人的学习。针对电动自行车驾驶人上路前没有接受系统交通安全法律法规和技能培训的情况，南宁市创造性地开展了电动自行车登记上牌前的学习活动。要求每个办理电动自行车登记上牌前的驾驶人都要接受不小于 3 个小时的登记前培训，培训以观看视频和民警讲解为主。

(2) 加大电动自行车违法行为的查处力度。根据南宁市开展电动自行车大整治工作方案和相关通告文件，对电动自行车驾驶人违反《中华人民共和国道路交通安全法》及其实施条例的行为，加大了查处的力度。对于违法电动自行车驾驶人坚持以教育为主。在全市各主要交叉口，共设置了 30 个固定电动自行车学习点和 38 个简易学习点，这些学习点主要是针对违法电动自行车驾驶人在交叉口学习，学习的内容和形式包括：观看 30min 的宣传视频，民警讲解，抄写电动自行车相关通行规则，协助民警路面执勤，管理其他电动自行车驾驶人等。

南宁市在开展电动自行车集中整治阶段，全市每天参加学习的电动自行车驾驶人达到 1 万人左右，在集中整治阶段结束，全市累计有超过 120 万名电动自行车驾驶人接受了各种形式的教育和学习活动，基本实现了全市电动自行车驾驶人的全覆盖。

7.3.4 交叉口流量

在设置非机动车候驶区与安全岛时，应根据进口道高峰小时非机动车流量情况判定是否应设置，参照《城市道路设计规范》(CJJ 37—2012)对自行车及非机动车道交叉口规划通行能力确定：进口道路段高峰小时流量超过 900 辆/h，平面交叉口每条非机动车道的流量在 600 辆/h 以上应设置非机动车候驶区，以确保其通行能力不影响交叉口机动车辆通行，保障交通秩序。



7.4 实际效果

通过完善电动自行车通过交叉口的交通组织方案，明确了各种交通参与者的通行路权，优化了交叉口的通行秩序，根据对实际应用的观察，实现了如下效果。

1) 提升交叉口非机动车通行能力

目前国家对于电动自行车的管理还没有统一的规范和标准，电动自行车车身过重、车速过快，骑车人的守法意识不强，随意掉头、乱穿于机动车道、与行人抢道等现象频见，造成很大的交通安全隐患。尤其在交叉口处，电动自行车与机动车、行人冲突较大，严重影响了交叉口的通行效率。

城市中心区交叉口较密，往往 300～600m 就有一个交叉口，随着电动自行车流的日益壮大，现有交叉口路权划分方式已难以适应城市交通的发展。通过交叉口渠化的方式，增加机动车进口车道数，设置电动自行车专用右转车道和专用候驶区，明确机动车和非机动车的驻车空间，有效减少了交叉口交通冲突点，降低交通安全隐患，同时大大提高了交叉口通行效率。

以一个两条双向六车道＋两侧非机动车道相交的交叉口为例，在对交叉口渠化改善前，一个方向的进口道为左、直、右三个机动车道（各 3.5m）和一个非机动车道（3.5m，可通行两辆电动自行车），通过拆除交叉口中央分隔带，压缩机动车道宽度，可增加 1 个直行机动车道和 1 个专用右转非机动车道，且机非车道间使用隔离栏隔离，如图 7-21 所示。

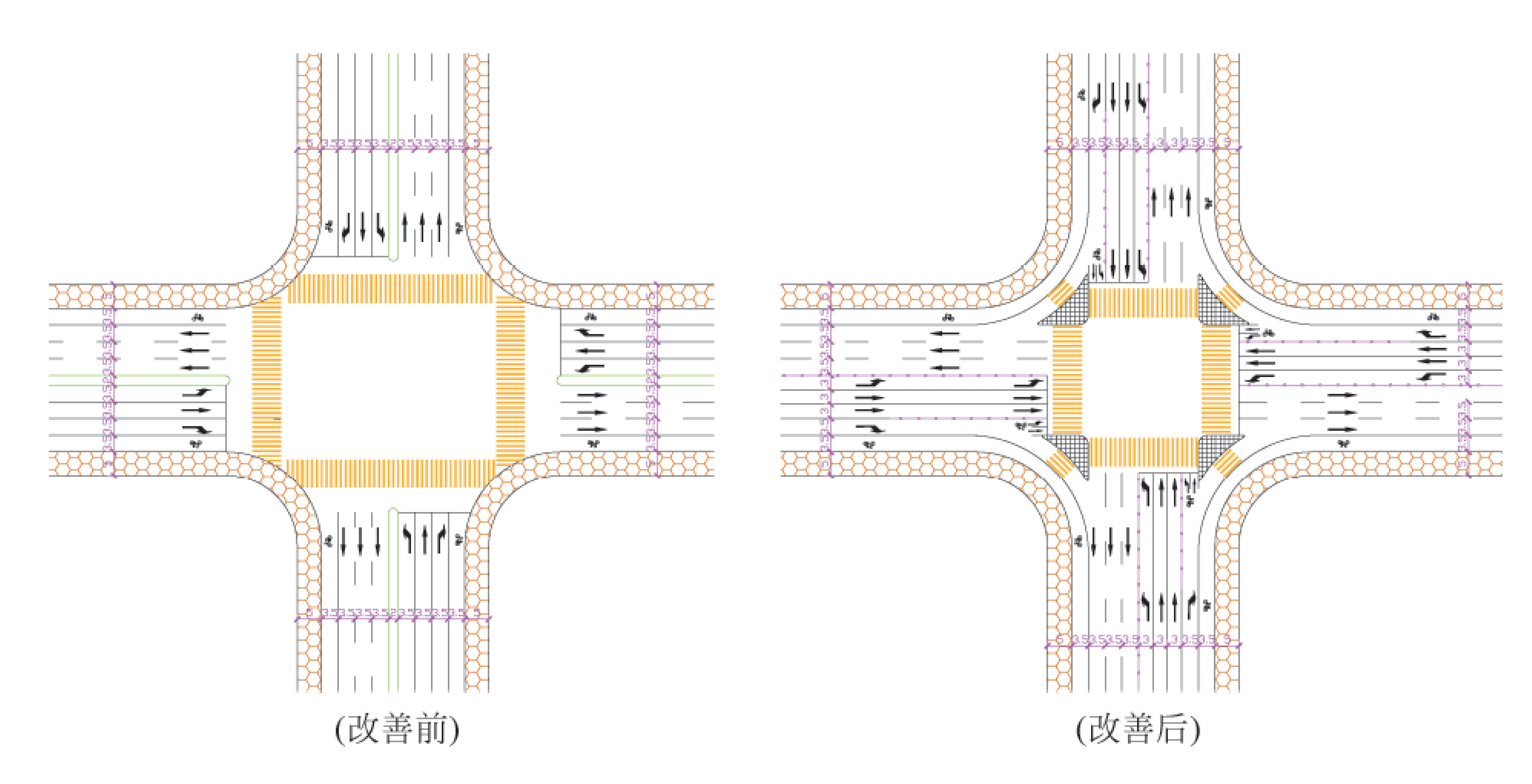


图 7-21　改善前和改善后对比

根据《交通工程学》中对于不受平面交叉口影响路段、受平面交叉口影响路段、交叉口进口路段的自行车道通行能力的建议值（表 7-2），整改前采用标线分离，自行车道的通行能力取 900 辆/(h·m)，整改后采用隔离栏隔离，取 1100 辆/(h·m)。整改前一个进口道非机动车通行能力为：900×2＝1800 辆/(h·m)；整改后一个进口道非机动车通行能力为：1100×3＝3300 辆/(h·m)，整个交叉口非机动车通行能力提升了 83.3%，尚不包含通过渠化岛二次过街的非机动车量。通过南宁市的实施效果来看，一般交叉口的电动自行车通行能力提升均超过 50%。

表 7-2　建议的自行车道通行能力　　辆/(h·m)

路段分离情况	不受平面交叉口影响路段	受平面交叉口影响路段	交叉口进口路段
物体分离	2100	1000～1200	1000～1200
标线分离	1800	800～1000	800～1000

2）提升交叉口机动车通行能力，缩短机动车停车延误

同样以上述交叉口为例，假设交叉口信号灯周期 $T=120\text{s}$，四相位控制，每个相位绿灯时间 $t_g=27\text{s}$，一条直行车道设计通行能力计算公式如下：

$$C_g=\frac{3600}{T}\left(\frac{t_g-2.3}{2.5}+1\right)\times 0.9$$

改善后较整改前进口道各增加一个直行车道，带入数据，求得 $C_g=587\text{pcu/h}$，即改善后每个进口道通行能力增加了 294pcu/h，整个交叉口机动车通行能力共提升了 1176pcu/h，交叉口拥堵情况得到较大改善。

在提升交叉口机动车通行能力的同时，通过硬隔离分离了机动车和电动自行车，减小了电动自行车流的膨胀特性对机动车驻车和启动的干扰，优化了交叉口的通行秩序，使机动车能在绿灯时间快速驶离交叉口，减少了停车延误时间。

3）减小机非冲突，降低交叉口事故率

当交叉口非机动车道上电动自行车密度较大时，为在红灯结束时第一时间驶离交叉口，若无机非隔离栏，电动自行车常常驶入机动车道，插到排队机动车前头，从而造成电动自行车与机动车的交通冲突甚至发生交通事故。交叉口在渠化改善前高峰期经常发生机非擦刮、碰撞事故，不仅影响交叉口通行效率，对过街行人的人身安全也造成威胁。据统计，2014 年南宁发生涉及电动自行车的道路交通事故立案 454 起，占全市交通事故的 54.3%，造成 106 人死亡、512 人受伤，多为电动自行车随意横穿马路、占道、加塞、抢行等违法行为所致。

改善后，规范了电动自行车的驻车区域，机动车和电动自行车各行其道，自行车通行交叉口的秩序和安全性得到了极大的提高，基本实现了按照停止线或按照候驶区范围标线停放，有序通过交叉口，不随意穿插机动车流的通行效果。

4）取得的实际效果

在各种相关配套措施的支持下，南宁市电动自行车通过交叉口的秩序和安全性得到了极大的提高，基本实现了按照停止线或按照候驶区范围标线停放，有序通过交叉口，不随意穿插机动车流的通行效果，基本实现了电动自行车交通组织方案的要求和目标，如图 7-22～图 7-24 所示。




图 7-22　电动自行车在渠化安全岛交叉口有序驻留




图 7-23　电动自行车在候驶区有序驻留等待




图 7-24　电动自行车通行交叉口轨迹有序，没有穿插机动车流

从实际的运行效果看，南宁市使用的电动自行车通行交通组织方案能有效地组织电动自行车在交叉口停车等候的空间，有效引导电动自行车通行的轨迹，基本达到了当初设计交通组织方案的目的和目标。

（主笔：南宁市公安局交通警察支队　王灏，南宁市城乡规划设计院　黄勇）



参考文献

[1]　罗晓辉，张晓军. 城市自行车综合治理措施的研究[J]. 北京建筑工程学院学报，2003，19(2)：33-36.

[2]　孙明正，杨晓光. 机非混行平面交叉口交通设计理论研究[J]. 公路交通科技，2004(08)：82-86.

[3]　杨紫松. 信号交叉口自行车交通组织方法研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学，2006.

[4]　罗江凡. 电动自行车交通安全相关问题及管理研究[D]. 成都：西南交通大学，2008.

[5]　中华人民共和国住房与城乡建设部. CJJ 37—2012 城市道路设计规范[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2012.

第8章

道路瘦身

在美国，有很多道路为双向四车道道路。一般情况下，这些四车道道路只考虑了机动车的出行需求，行人与非机动车出行设施配备情况较差。此外，四车道道路中内侧车道为左转与直行共用车道，其交通冲突事故的类型更多，冲突事故发生率也相对更高。“道路瘦身”(road diet)是近年来在美国的街道规划设计中开始频繁出现的一个概念，意在通过减少原有的机动车道空间来为非机动车、行人等提供通行空间，并减少交通冲突事故发生率。



8.1 道路瘦身的概念和发展历史

8.1.1 概念

道路瘦身是道路规划的一种策略，这种策略通过减少道路横断面中行驶车道所占用的空间，将此空间用于其他用途或者用于其他的交通方式出行，从而获得系统性能的提升。一般减少行驶车道所占用空间的方法主要为减少车道数量或缩小车道宽度。

道路瘦身后多余的空间可用于以下用途：

(1) 增设或拓宽人行道；

(2) 增设或拓宽绿化带；

（3）增设单侧或双侧的非机动车道；

（4）拓宽剩余车道；

（5）增设一条中央左转专用道；

（6）增设一条中心右转车道；

（7）增设一条可逆的中心线；

（8）将最外侧车道转为应急车道。

8.1.2　道路瘦身形式

1. 典型道路瘦身形式

最典型也是应用最广泛的道路瘦身形式是将原有的双向四车道改造为带有中央左转专用道的三车道（如果没有特殊说明，下文中四车道改造为三车道的方式都是这种带有中央左转车道的改造方式，简称四车道改三车道），其具体改造形式如图 8-1 与图 8-2 所示。

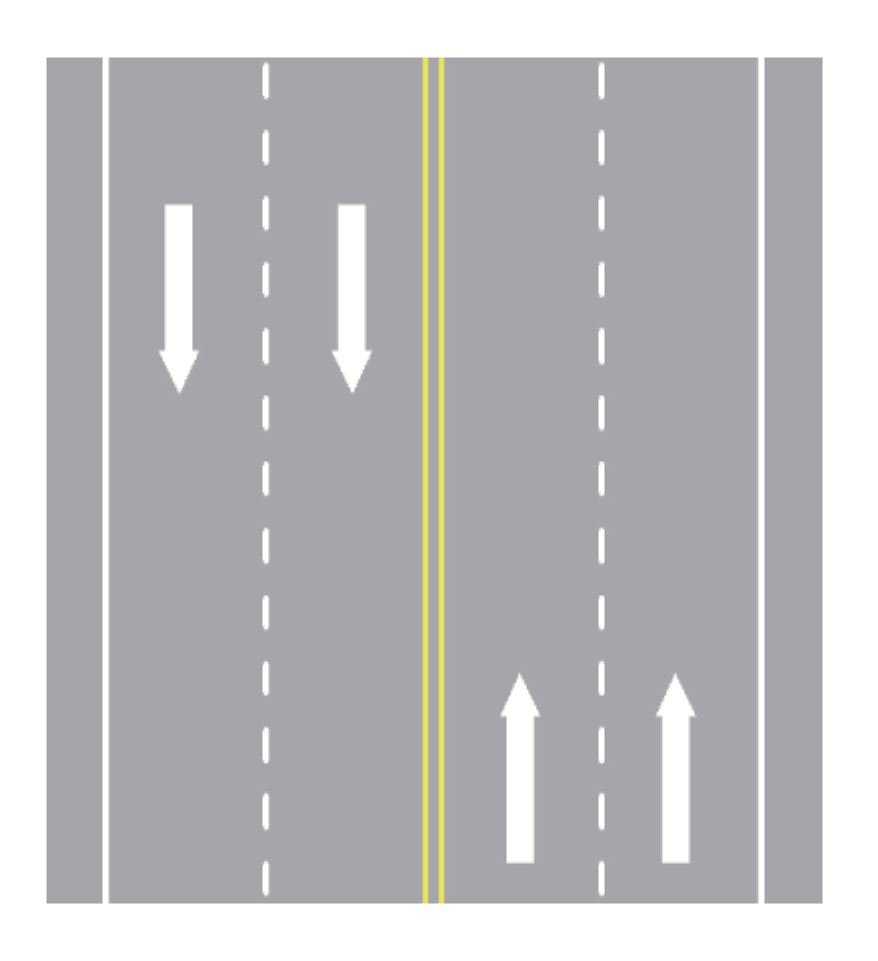


图 8-1　改造前四车道

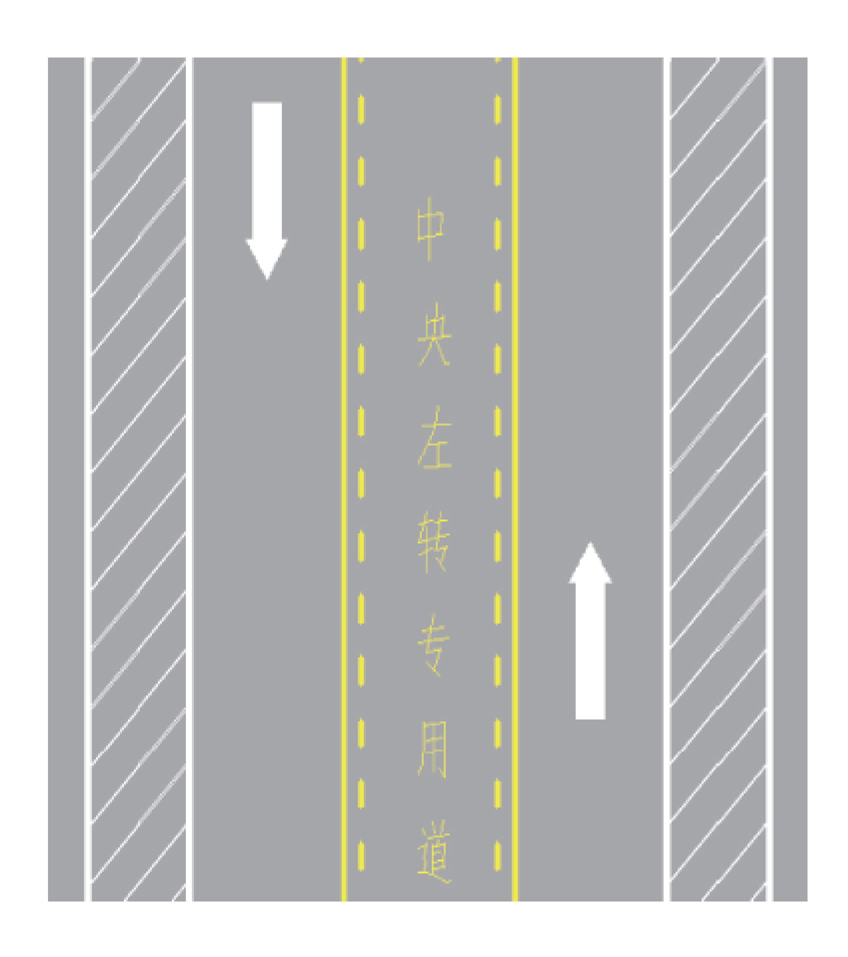


图 8-2　改造后三车道

改造后的三车道两旁画斜线部分可用于增设非机动车道、人行道、街边停车空间等用途，而在中央左转专用道中也可以设置行人过街安全岛，具体设置情况依据不同道路的实际情况决定。

2. 其他道路瘦身改造形式

（1）三车道改造为两车道

这种街道改造前有三条机动车道，两侧为两条停车车道。这是一种美国大部分城市街道都会采用的小汽车空间布局的糟糕模式，其改造主要是通过移除一条机动车道，同时缩窄一条停车车道，从而提供一个路侧受保护的双向自行车道空间，改造效果如图 8-3 所示。



图 8-3　三车道改造为两车道效果图

（2）自行车道改造为隔离式（受保护）的非机动车专用道

以已经完成的四车道改三车道的道路为基础，此时，非机动车道在街道两侧，与机动车道相邻，增加了潜在的交通冲突。若将一个路侧停车车道改造至与路侧相隔一个车道（这个车道作为双向非机动车专用道），则该道路瘦身为一个受保护的双向专用道提供了道路空间，相当于把这个街道停车车道作为一个缓冲隔离带，保护非机动车避免与机动车交通流产生冲突，改造效果如图 8-4 所示。



图 8-4　隔离式（受保护）非机动车专用道

8.1.3　道路瘦身的发展历史

20 世纪 50 年代至 60 年代，美国道路工程的目的主要是交通系统的能力扩张，而不是收缩，最后造成美国出现了很多能力过剩的四车道道路。在这种情况下，道路瘦身改造项目应运而生。目前有记录的最早的道路瘦身改造工程是 1979 年在美国蒙大拿州比林斯市十七西街的四车道改三车道工程。被改造道路的宽度为 12.2m，日均交通量为 10000 标准车。研究表明，在此道路瘦身改造后，冲突事故数量减少，且未造成明显的交通延迟。

20 世纪 90 年代，随着道路瘦身在洛瓦、明尼苏达州、蒙大拿州等地开始实行，道路瘦身就开始在美国各大州流行起来。在西雅图、华盛顿、波特兰、俄勒冈州等地，道路瘦身最先在市区实行。近期，联邦公路管理局（FHWA）将道路瘦身及一些其他的道路结构改造方式纳为“已经证实安全的对策”，并将道路瘦身作为一个以安全为重点的四车道横断面改造方式。



8.2　道路瘦身的实施效果

8.2.1　交通安全性与系统运行提升

1. 减少冲突点及冲突类型

通常，道路瘦身通过移除四车道中转向交通和直行交通共用的内侧车道，来减少冲突，从而降低追尾、左转以及侧碰等冲撞事故。研究表明，当实行道路瘦身后，整体的冲撞事故率能够下降 19%～47%，同时 35 岁以下及 65 岁以上的机动车驾驶人的冲突事故率也会降低。四车道改三车道不仅将交叉口直行冲突点由 8 个减少至 4 个，还消除了路段中的几种冲突类型。下面为几种因为道路瘦身而消除的典型冲突类型。

（1）追尾冲突

如图 8-5 和图 8-6 所示，左转车辆（红车）在内侧车道停车准备左转，此时，内侧车道因为停止的红车堵塞，后行车速过快或者追随较近的直行车辆（蓝车）并无足够的时间意识到红车已经停止，因此蓝车追尾红车。在道路瘦身改造后，红车直接在中央左转专用道停车伺机左转，使后行蓝车和白车顺利通过。

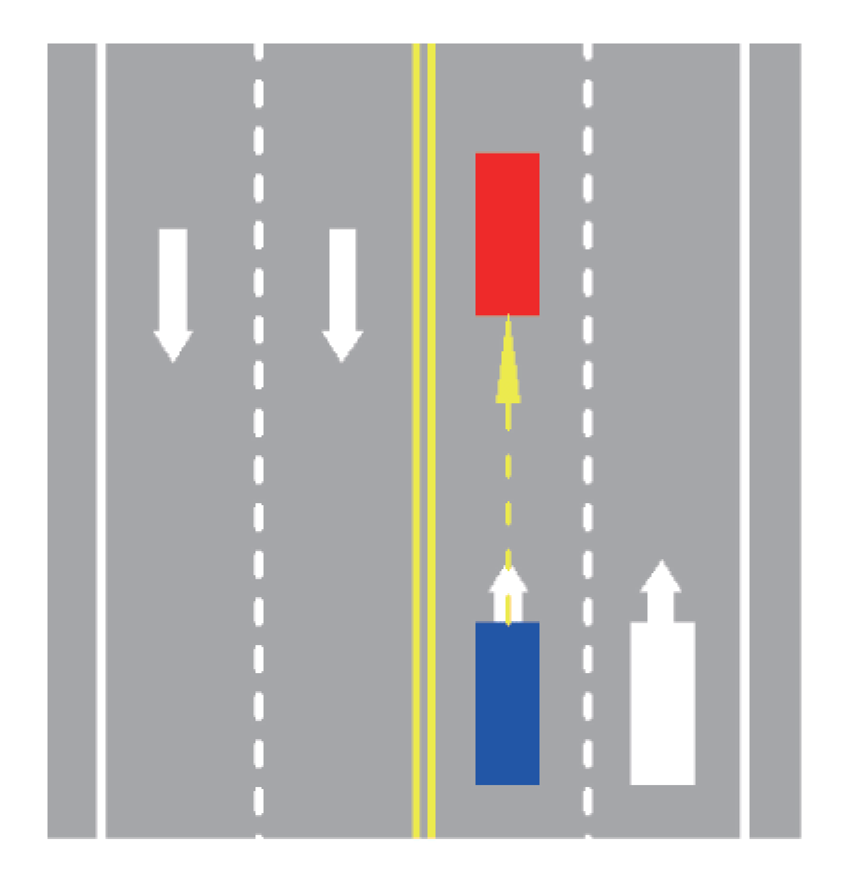


图 8-5　改造前追尾冲突示意图

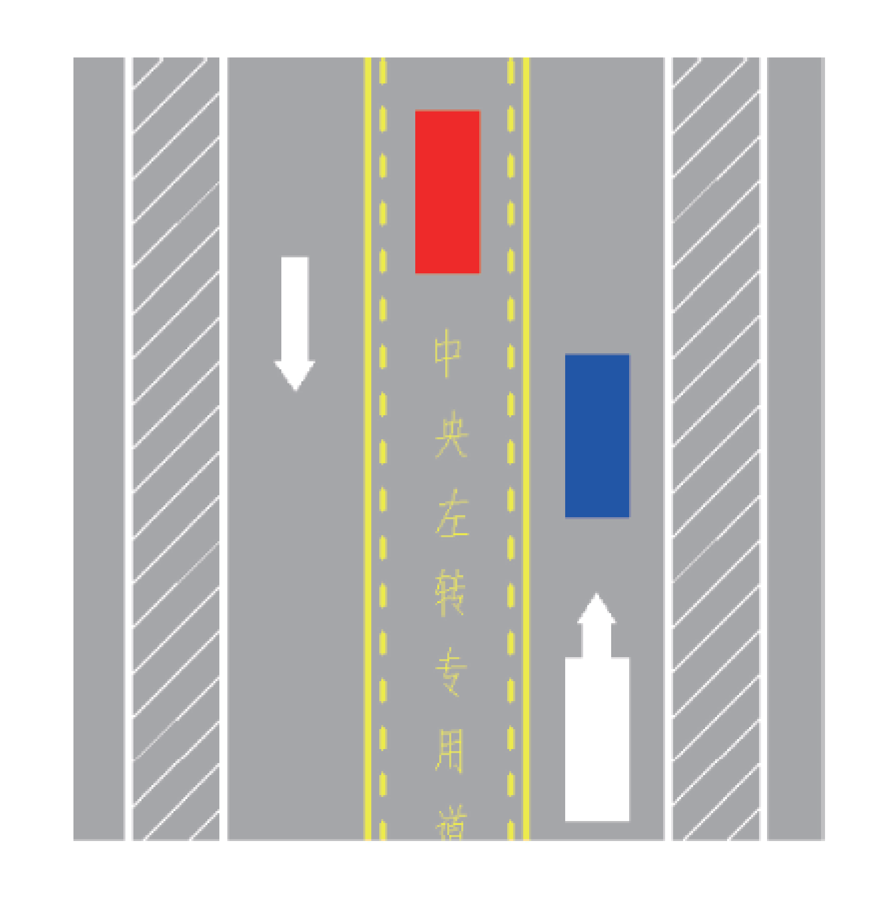


图 8-6　改造后消除追尾冲突示意图

（2）侧碰冲突

如图 8-7 和图 8-8 所示，改造前，红车在内侧车道停车准备左转。此时，内侧车

道因为停止的红车被堵塞，后行直行蓝车因为车速过快或追随过紧，来不及停车，从而紧急变道至外侧车道，与白车发生侧面冲突。改造后，红车在中央左转专用道停车伺机左转，后行蓝车和白车顺利通过。

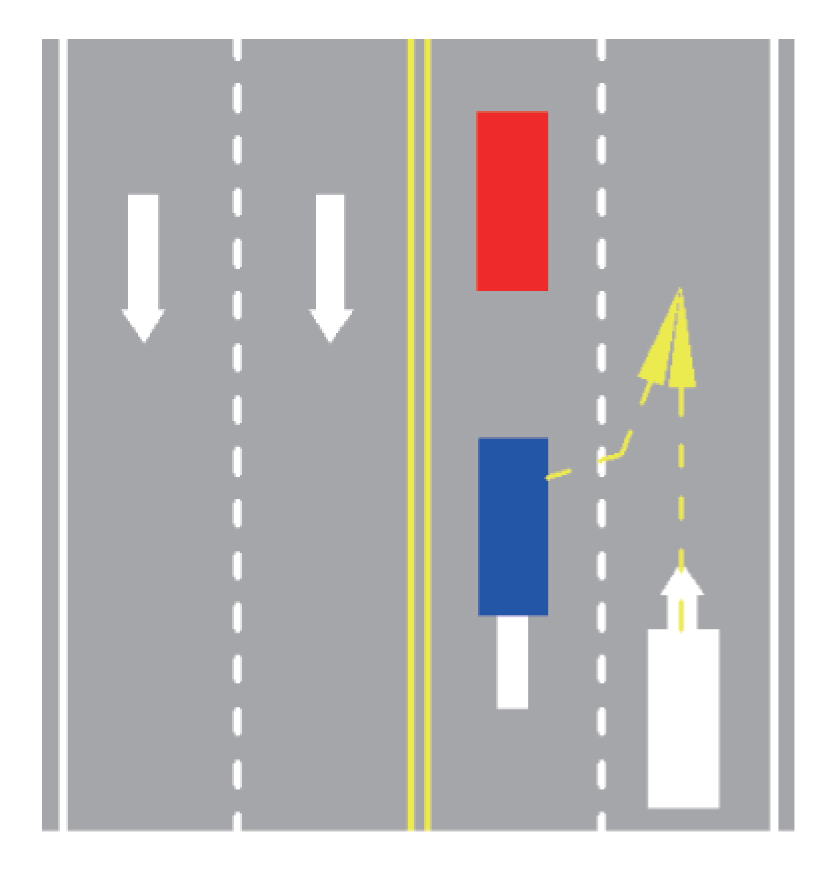


图 8-7　改造前侧碰冲突示意图

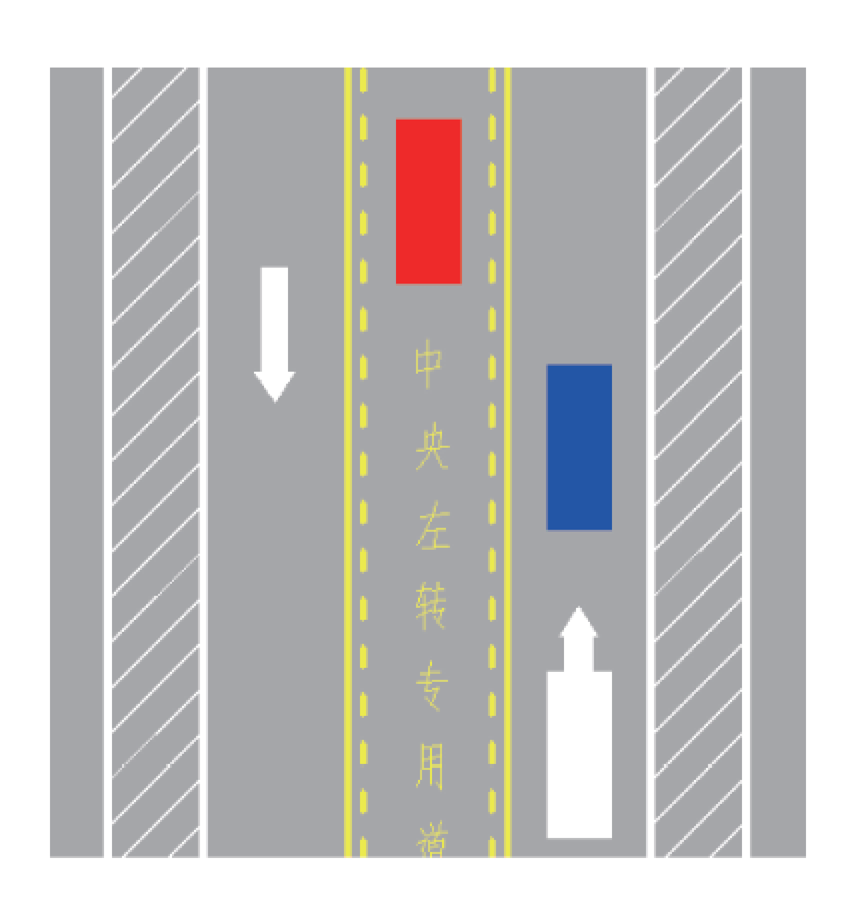


图 8-8　改造后侧碰冲突示意图

（3）视距冲突

如图 8-9 和图 8-10 所示，改造前，蓝车与红车都准备左转，蓝车在内侧车道停止，红车进行左转操作。但由于蓝车阻挡了红车与后行白车间的视距，故两车冲突。改造后，蓝车与红车都在中央左转专用道伺机左转，此时红车视距充足，能够选择适当时机左转。

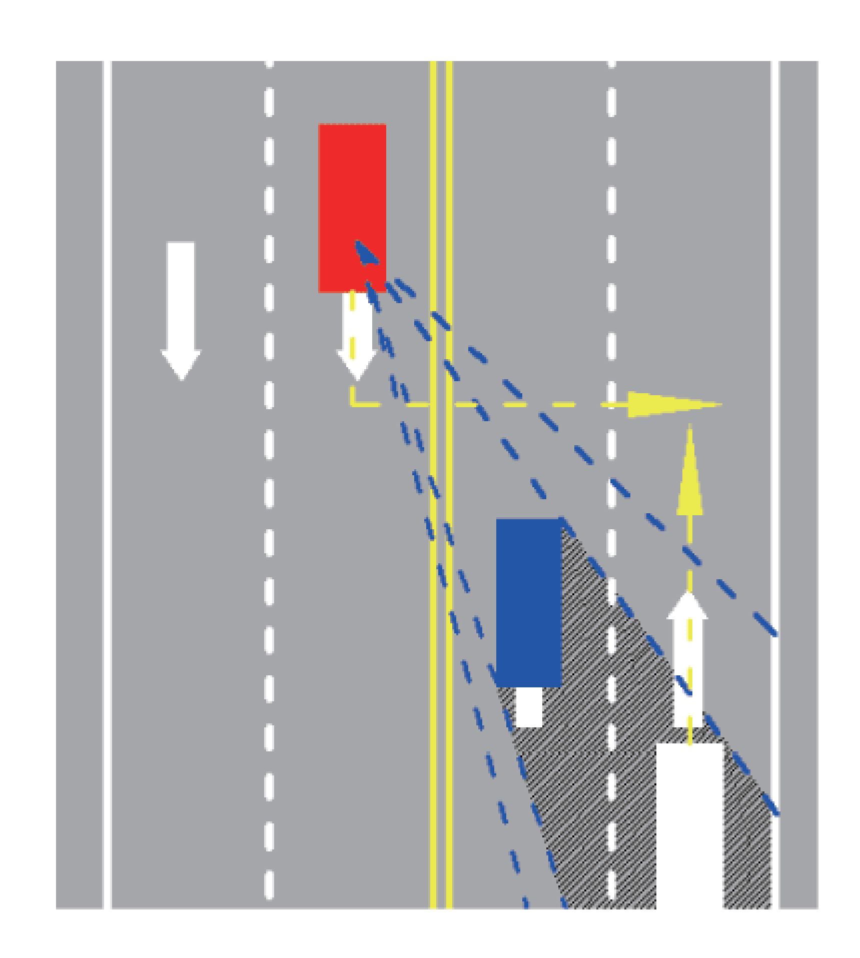


图 8-9　改造前视距冲突示意图

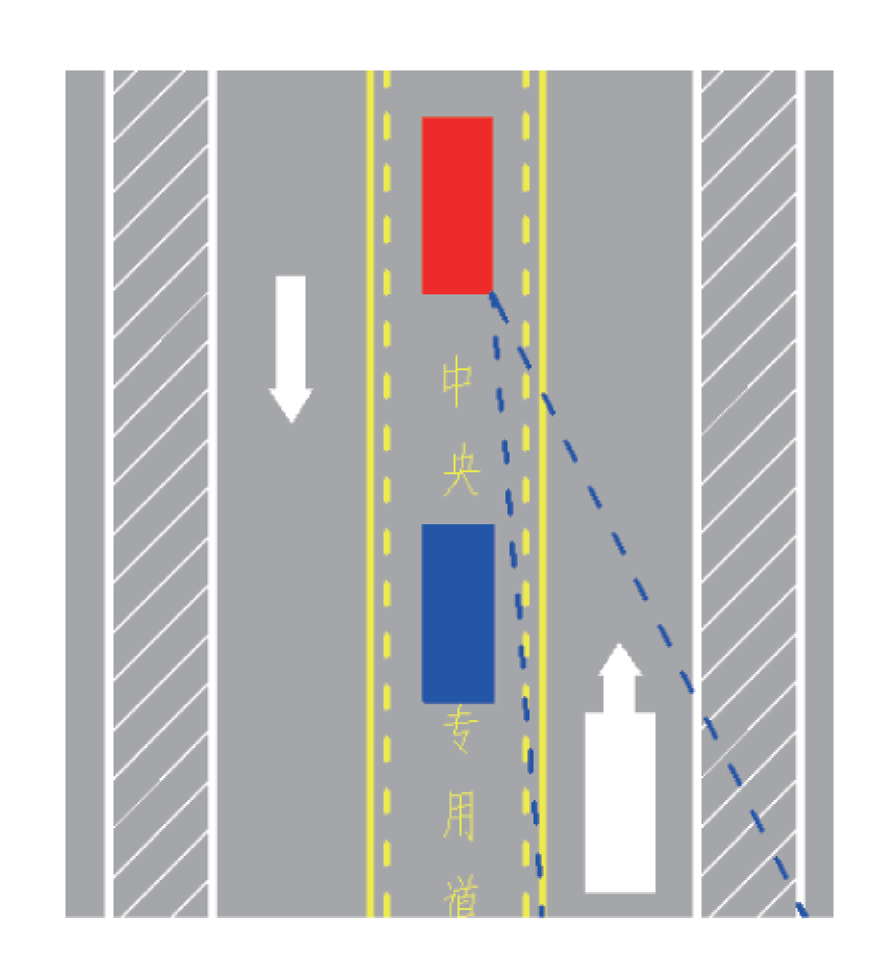


图 8-10　改造后视距冲突示意图

2. 减少速度差异

除了减少冲突类型和降低冲突事故率外，道路瘦身还通过减少速度差异来提高交通安全性。在一个未改造的四车道道路上，行车道间车辆速度有较大差异，机动车驾驶者也会因为前方停止的车辆（如左转车辆停止等待左转）而降速或者变

道。此时，机动车驾驶者很有可能在高速的交通流中穿行。相反的，带有中央左转专用道的三车道道路，直行车道和左转车道是分离的，其车辆速度差异主要是由直行车道中的前车速度决定的。因此，道路瘦身减少了车辆的速度差异和车辆间的相互作用，从而降低了交通冲突事故的数量和严重性。

3. 交通系统运行优化

道路瘦身改造工程能够为交通系统运行提供如下优势：

(1) 左转专用道：左转专用道能够减少信号控制交叉口的延迟。

(2) 次要道路交通穿行：因为需要穿行的车道数量减少，次要道路交通流更易进入主道，从而减少了次要道路交通穿行延迟。

(3) 减少速度差异：道路瘦身能够提供一个更为流畅持续的交通流，而减少停车—起动断续交通流，从而减少速度差异。

但是在一些转向交通流量较大的交叉口或路段，未改造的四车道可能实际上是按照三车道的原理在运行的，即大部分的直行交通流会因为内侧车道有较多的转向交通流而选择使用外侧车道。因此，在这些道路中实行道路瘦身并不会对交通系统运行产生明显的优化效果。

4. 实例

道路瘦身对交通安全性及交通系统运行的效果可以体现在美国纽约布鲁克林第四大道的改造工程上。在第四大道进行"道路瘦身"改造是因为其较高的机动车超速率、较窄的中央隔离等问题。第四大道的改造模式如图 8-11 所示。由图中可

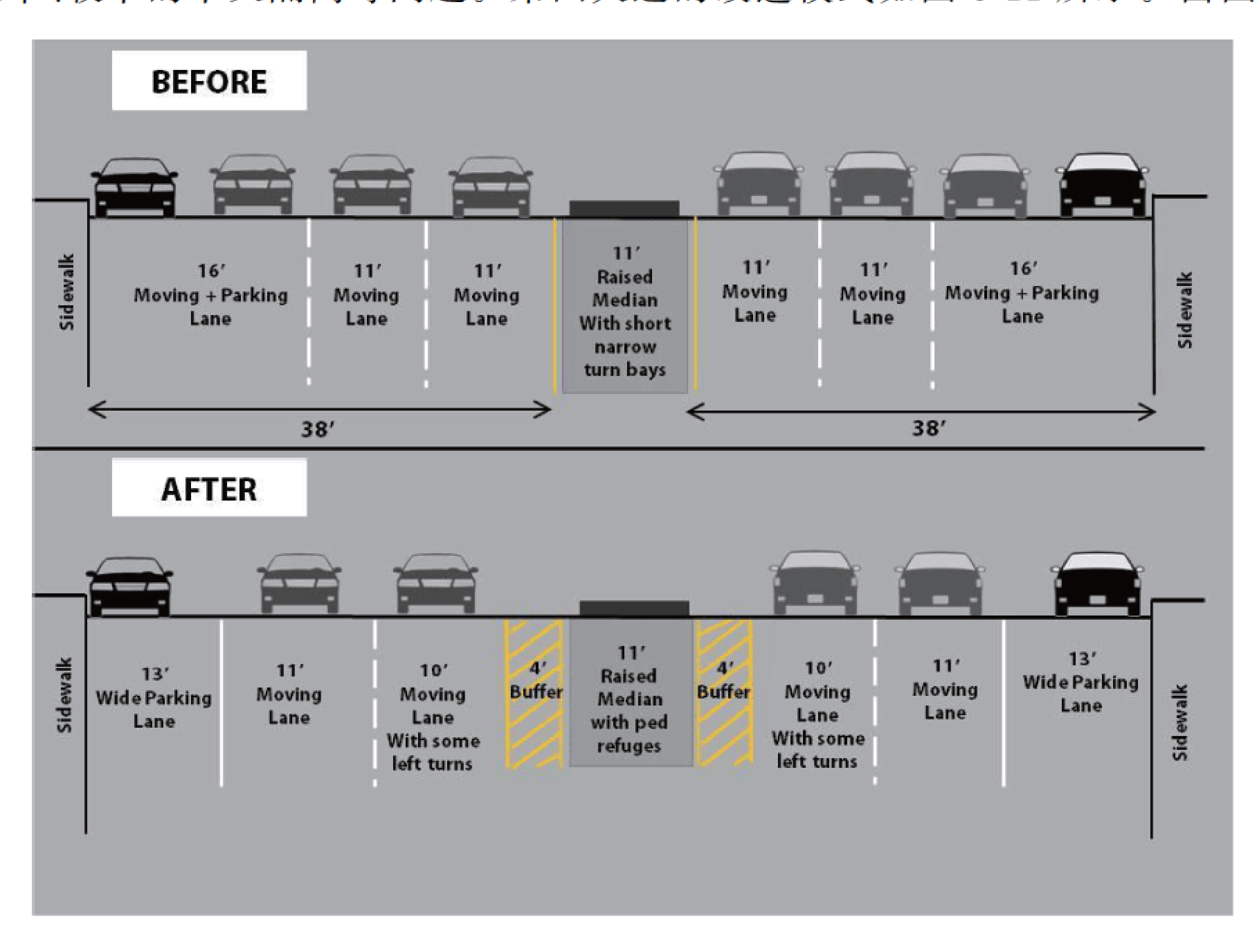


图 8-11　第四大道道路瘦身改造前后道路横断面构造图

以看出，改造后，每个方向减少了一条机动车道，从而减少了冲突点和冲突类型，并减小机动车之间的速度差异；沿街停泊区域加宽；中央分隔带两侧增设了缓冲空间，可以增加过街行人的安全性。改造前后街道实际情况如图 8-12 和图 8-13 所示。



图 8-12　第四大道 12 街区改造前实拍



图 8-13　第四大道 12 街区改造后实拍

据纽约交通运输部数据，比较道路瘦身施行一年后的事故数据和实施前的三年事故数据平均值，得出如下结论：

(1) 改造后第四大道 15 街区的行人受伤数据降低了 61%，总碰撞事故降低了 20%，产生人身伤害的碰撞降低了 16%。第 3 街及第 9 街的交叉口事故改善情况尤其明显，第 3 街交叉口事故率降低了 41%，第 9 街交叉口事故率降低了 59%。

(2) 第四大道双向行驶方向的机动车超速（速度大于 35mile/h）率都下降了 75%左右，其中，向南行驶的司机原有 29%速度高于 35mile/h，改造后降至 7%。

(3) 小汽车交通流量水平和行程时间大体保持稳定，向南的晚高峰车流略微减少。行人流量也一样保持了稳定。

8.2.2　行人、非机动车出行优化与实例

即使是最简单的道路瘦身工程，对行人和非机动车的出行环境都有一定程度的改进。通过道路瘦身改造工程对道路横断面空间再分配，将多余的空间分配给之前所缺少的非机动车道或人行道。这些增设的非机动车道或人行道弥补了现有路网的不足，对非机动车或行人出行的可行性和安全性有积极影响。

1. 行人出行优化

三车道横断面能为行人过街提供一个更安全的环境，因为行人穿行的车道数变少，且在交通流中的滞留时间也变少。Zegeer 等人发现，在行人过街时，二、三车道的冲突事故率比四车道及以上的道路小。并且，当有行人交通安全岛时，行人过

街有了重要的安全保障，且变得更方便，因为行人每次过街时只需观察一个方向的车流即可。此外，道路瘦身工程通常包含街边停车空间或者自行车道，从而为行人与机动车间提供了一个缓冲空间，增加行人出行安全性。

2. 非机动车出行优化

道路瘦身通过设置非机动车专用道，将之前不太利于非机动车出行的道路改造为适于非机动车出行的道路，且吸引更多的非机动车出行者。当施划了非机动车道标线后，非机动车更易被机动车驾驶者察觉，提升非机动车安全性。

此外，道路瘦身使机动车降速后，也提升了非机动车出行的安全性。在一些地区，还通过设置一些可视或者物理障碍来创造非机动车道与机动车道之间的缓冲空间，这样增强了非机动车道使用的方便性，也鼓励更多的非机动车出行。

即使没有设置专用非机动车道，在三车道道路上，当机动车驾驶者察觉自己靠近非机动车驾驶者的时候，能够向中央车道靠近。但是没有被分开的四车道则不太容易向中央车道靠近，因为其中央行车道有较多交通流量。

3. 实例

莫得斯托第九大道和莫里斯学院大道改造后不同类型的隔离式非机动车道分别如图 8-14 和图 8-15 所示。需要注意的是，由于国内外非机动车交通流量的差异，图中的非机动车设置形式难以满足国内较大非机动车流量的需求。



图 8-14　第九大道隔离式非机动车道

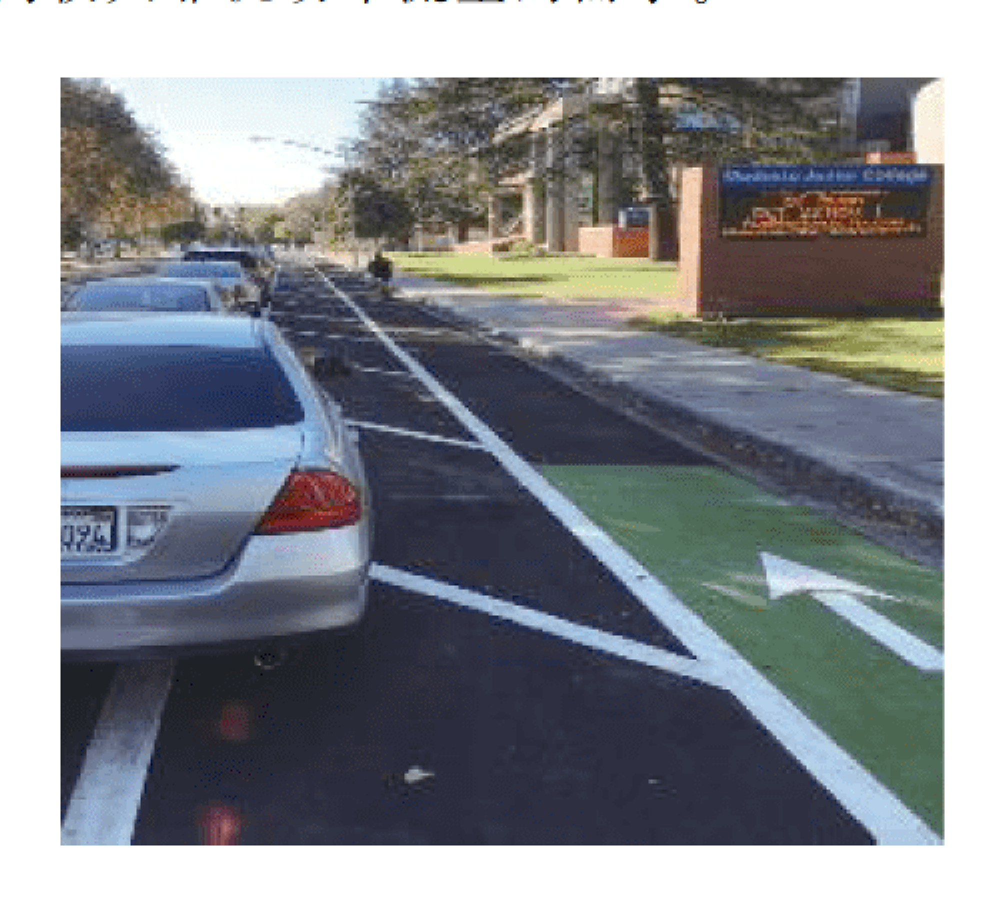


图 8-15　莫里斯学院大道隔离式非机动车道

8.2.3　协同增效效应与实例

通过对实施过道路瘦身的采访调查发现了很多协同增效效应，很多时候一方面的提升会对另一方面产生协同增效效应影响。比如非机动车道并不仅仅为非机动车提供出行方便性，还增加了行人与机动车的缓冲隔离，如图 8-16 和图 8-17 所示。



图 8-16　改造前人行道与机动车道位置情况



图 8-17　改造后人行道与机动车道位置情况



8.3　道路瘦身可行性影响因素

虽然道路瘦身能为交通系统带来益处，但道路瘦身并不是在所有的道路上都可行。因为道路瘦身在带来第三部分所述效果之外，还可能带来一些负面影响，如公交进站的影响，在大流量道路下车道缩窄带来的拥堵等。所以，在实行道路瘦身之前，实施者需要考虑实行道路瘦身的目标及适用条件，并考察其可行性。本节主要介绍决定道路瘦身改造工程是否可行的影响因素。

8.3.1　安全因素

道路瘦身的初始目的是缓解交通冲突问题。未改造的四车道道路因为左转与直行交通共用一条车道，容易导致追尾冲突、左转冲突及速度差异等问题。当因为安全因素而考虑道路瘦身的时候，设计者必须判断现有的冲突是否可通过道路瘦身的实施而解决。

针对不同的实施地点，道路瘦身改造的数据分析显示道路瘦身能够在不同程度上提升交通安全性。道路瘦身改造后交通安全性提升改进的程度为可行性决定因素。

虽然道路瘦身可减少交叉口冲突点、增加视距、便捷左转行为等，但随着道路瘦身的实施，可能增加因为拥挤而造成的直行和右转车辆的起停冲突。

8.3.2　交通系统运行因素

对于是否能够实行道路瘦身，需要考虑道路交通系统的运行特征，主要包括以下部分。

1. 道路实际运行性质

传统定义的道路功能是基于车辆的可移动性和道路使用权，所以需要考虑道

路瘦身对道路功能的影响，而这又与现阶段道路实际运行性质有关。例如，在一些四车道道路上，左转交通会使大量的直行交通使用外侧车道，在这种道路上实施道路瘦身会较为顺利，因为道路瘦身的目标就是满足道路使用者对道路的实际功能需求。

2. 速度

候选改造道路应结合其周边土地利用，分析是否需要使用道路瘦身改造来降低交通流速度及车辆间速度差异。

3. 服务水平

考虑道路瘦身可行性时，需要考虑道路服务水平，即排队和延误情况。在改造之后，直行交通因为转向交通的延误会明显降低，但左转交通的延误可能会因为直行车道数的减少而增加。同时，在主干路和支路上直行交通延误和排队也可能会增加，所以在进行道路瘦身改造的时候需要详细分析，必要时可采取如信号优化与协调、专用转向车道等缓解措施。

4. 服务质量

服务质量的定义是一种设施或者服务运行情况的定量指标，或者是用户对运行环境的感受。一般情况下，道路瘦身通过减少车道数、降低车速以及增设非机动车道等措施，使得行人与非机动车的服务质量得到提升。但是，在信号控制交叉口较密集的道路上，道路瘦身会导致机动车在交叉口产生排队拥挤现象，这些影响可通过信号配时协调来缓解。所以在道路瘦身改造工程实施前，需要分析其对行人、非机动车及机动车用户体验的影响，并对某些方面服务质量的下降提出相应的缓解措施。

5. 日均交通量

日均交通量为是否能够实行道路瘦身提供初步估算标准。当日均交通量接近上限交通量时，设计者应该深入研究道路瘦身的可行性，需要分析高峰小时单向的交通量、信号设置密度、交叉口的转向交通量等。美国联邦公路局以日均交通量20000车以下为判定临界标准。图8-18为部分地区道路瘦身实施的参考临界日均交通量情况。

6. 高峰小时单向流量

高峰小时单向交通量能决定道路瘦身可行性。在城市道路中，高峰小时交通量占日均交通量的8%～12%。洛瓦的道路瘦身指南指出以下道路瘦身可行性的结论（假设每个方向的交通量占总交通量的50%，且高峰小时交通量占日均交通量的10%）：

（1）当单向高峰小时交通量在750车以下时，可行性较大；

（2）当单向高峰小时交通量在750～875车之间时，需谨慎判断可行性；

（3）当单向高峰小时交通量在875车以上时，可行性较小且在高峰时期主干

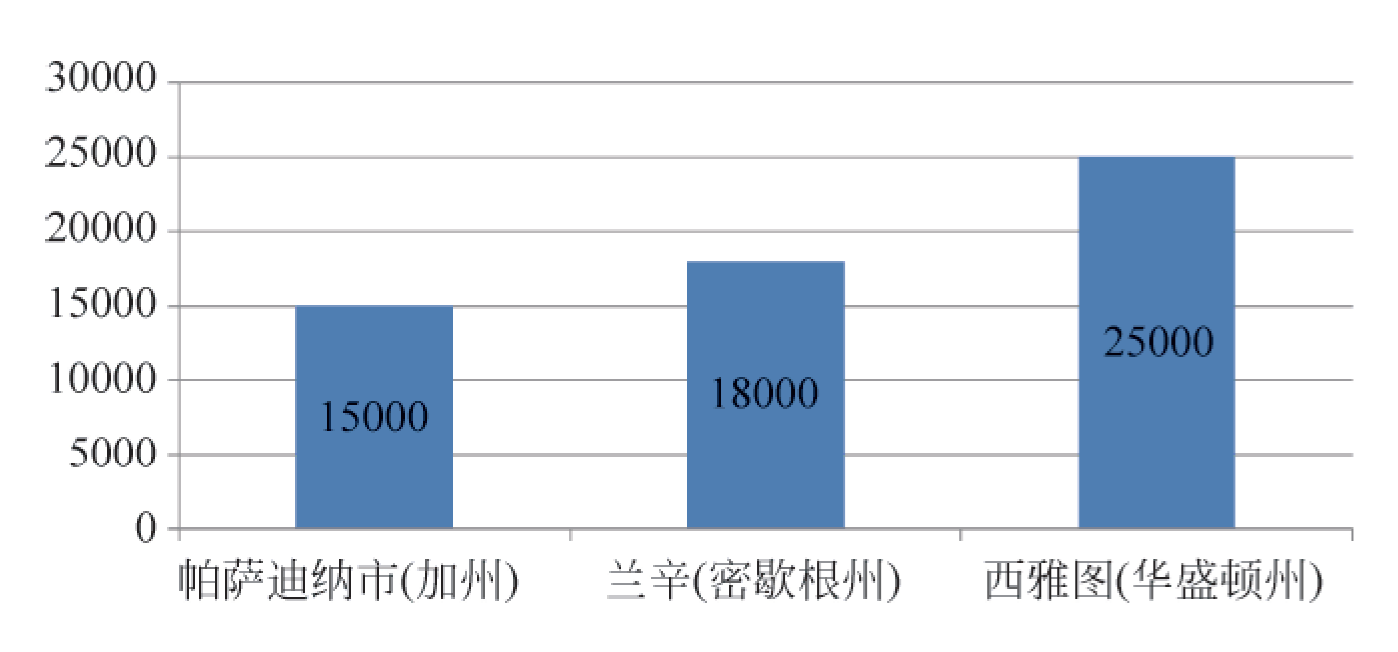


图 8-18　不同地区道路瘦身日均交通量上限（单位：车）

道服务水平会降低。

7. 转向流量与模式

转向交通流量与模式影响道路的安全与运行。设计者考虑道路瘦身可行性时应评估转向交通流量与模式。随着道路切入点与左转交通量增加，未改造的四车道道路开始按照三车道的道路模式运行，在这种情况下，实行道路瘦身影响会较小，道路瘦身更可能被确定为可行。如果将道路瘦身确定为一个可行的选择，需要更详尽地分析现有及期望的直行和转向交通量。

8. 特殊车辆

在实施道路瘦身的时候，需要考虑经常停车或行驶较缓慢的特殊车辆，如公交车、货车等。在改造为三车道后，其他车辆很难合法越过这些特殊车辆，从而对正常直行交通产生相对于改造前更大的影响。在考虑道路瘦身可行性的时候，实施者应该分析道路车辆停靠的数量及持续时间，并考虑采取如设置专用停靠区域等缓解非法超车行为的措施。

8.3.3　非机动车、行人、公共交通及货运因素

道路瘦身能够为道路交通参与者提供专用空间，同时也能创造一个更平衡的交通系统。对非机动车使用者而言，道路瘦身通常会增设非机动车道。对行人来说，道路瘦身能够降低车辆速度，减少车辆速度差异，使行人过街更安全方便。公共交通车辆有更多停站空间，但也面临一些新挑战，例如当其停车的时候，可能会堵塞唯一的直行车道。货运则有一些特殊的需求，尤其是货物商业运输，应该满足这些特殊的需求。下面分析道路瘦身如何从非机动车、行人、公共交通以及货运方面考虑可行性。

1. 行人与非机动车

从行人与非机动车考虑道路瘦身设施可行性时，需要考虑道路上是否有行人与非机动车设施，行人与非机动车的出行程度，道路瘦身实施后对其需求满足程度，以及道路瘦身实施后对行人与非机动车出行的诱增量。

2. 公共交通

在进行道路瘦身可行性评估时,需要考虑公共交通的运行对其他交通参与者的影响。一般情况下,在改造前公共交通在最右侧车道停车,改造后公共交通车辆则在唯一的直行车道停车,从而引起正常交通流延误或非法超车。在研究道路瘦身可行性时,需要分析并提出上述问题的缓解手段。

3. 货运考虑

从货运的角度考虑道路瘦身的可行性时,需要考虑以下关键问题。

(1) 土地利用:判断道路瘦身是否满足当地的需求。不同的土地利用其货车的流量及形式也会有不同。例如,饭店可能有较大需求的货运,但是低密度的居民区则相反。

(2) 货车尺寸:需要确定道路瘦身后车道的适用性。一些大型工业区需要较大型号的货车,而较窄的车道不能够满足其需求。在一些零售店或者办公区则只需要一些小型货车。

(3) 停车区域:需要考虑道路瘦身能否提供适当的货车停车区域。一些城市地区能够引导货车停放在次要道路上,从而避免送货车辆停在主要道路上,也有专用路边货车停放区域等处理方式。

8.3.4　其他影响因素

1. 可用路权和费用

当可用额外路权和可用费用受到限制时,设计者一般会将道路瘦身作为一个可行选项进一步分析探究。许多道路瘦身工程只需要在现有道路横断面宽度条件下就能够完成,并不需要再进行路面拓宽工程,且一般只包含路面标线施划。但是,在一些特殊地点(如交叉口的右转车道等),其宽度可能需要增加,当道路上这种特殊地点较多的时候,道路瘦身工程的可行性就会降低。

2. 平行道路

道路瘦身可能会引起交通流转移至平行道路中。通过与机动车驾驶者交流或者软件仿真来确定道路中的机动车驾驶者是否愿意使用平行道路。一般当平行干道间距离较远或者平行干道较为拥挤的时候,其被使用的可能性较小。当平行道路不是干道的时候,需要考虑车辆从平行道路抄近路而对周边居民产生影响的问题。如果抄近路的现象增加,那么评判实行道路瘦身可行性时,需要考虑交通稳静化措施或者其他缓解手段。

3. 平行停车

在进行道路瘦身可行性评估时,需要考虑通过对比改造前后停车行为的不同,分析平行路面停车的影响。此外,如果在改造后增设了非机动车道,那么还需要考虑非机动车与停泊车辆之间的影响。

4. 铁路平交路口

在进行道路瘦身改造工程可行性评估时,需要考虑铁路平交路口。改造后,车辆在铁路平交路口排队时,因为只有一条车道,排队长度会变为原来的 2 倍左右,如果这个长度不能被接受,那么将会影响道路瘦身的可行性。

在道路附近有一条平行的铁路轨道时,也需要考虑铁路平交路口。这种情况下,某个方向的左转车辆会在中央左转车道排队,同时对向的直行车道也会产生排队现象。为了缓解这种情况,可以考虑增设一条容量富裕的右转车道。

5. 公众宣传与教育

通过教育宣传提升公众接受程度,同时可以实施短期的道路瘦身项目,从而增加其认可度。通过对短期道路瘦身项目的交通运行、数据以及公众认知评估,决定其是否继续实行。

8.3.5 道路瘦身可行性一般决定程序

下面以提升安全性为目的为例,简单描绘道路瘦身可行性决定的一般程序,如图 8-19 所示。

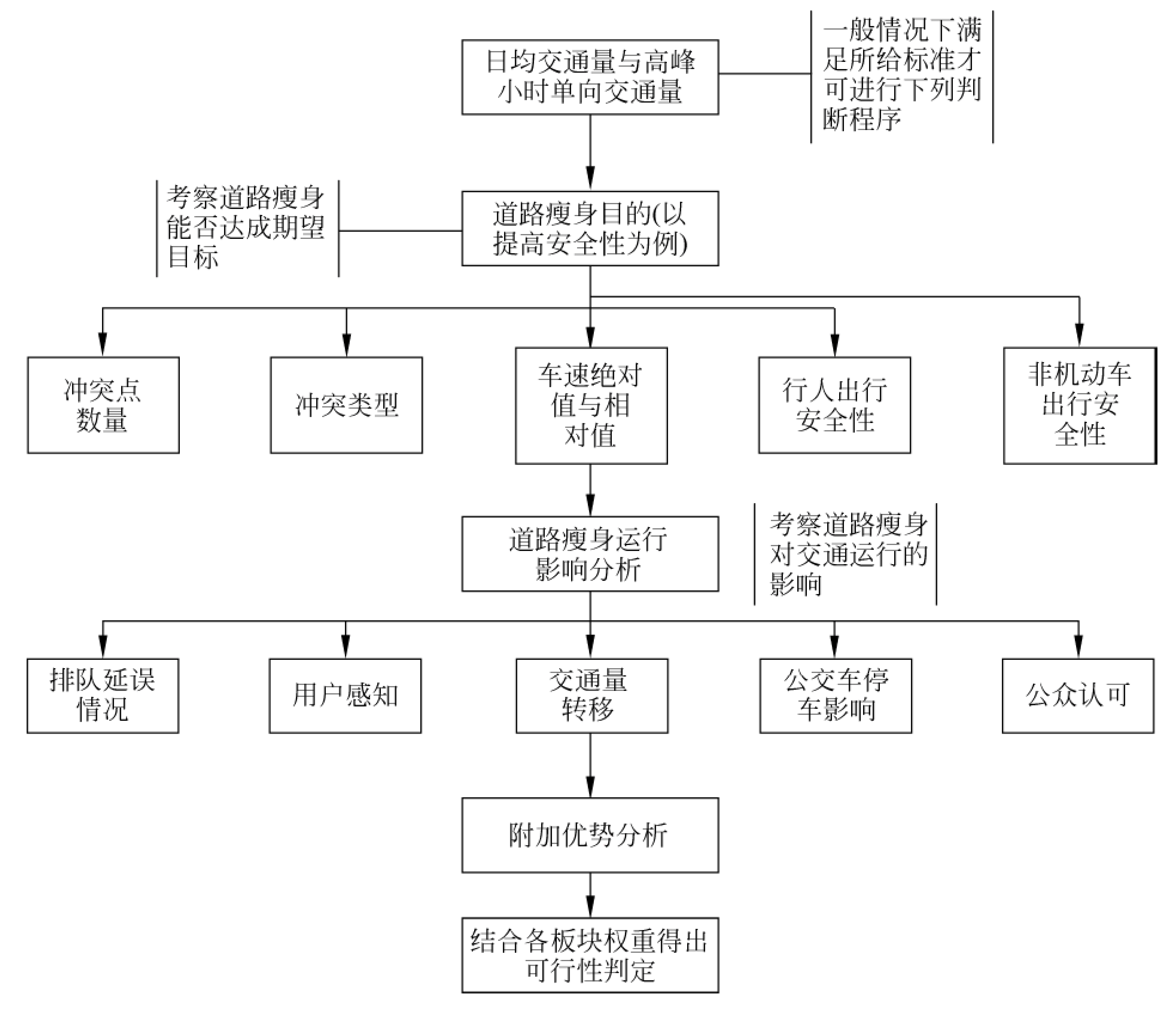


图 8-19 道路瘦身可行性判定一般程序

 8.4　道路瘦身改造工程设计

与其他普通项目相同，道路瘦身设计者应该参照设计指导原则与标准，对项目进行合理设计，道路瘦身设计内容主要包括几何设计和运行设计。

8.4.1　几何设计

几何设计主要包含确定项目细节、改造工程的轮廓以及改造工程的横断面。在改造设计过程中，几何设计者通常是以准则或者惯例进行设计。这些标准能够为设计提供统一性，但是这些标准并不是一成不变的。在具体环境的具体需求和具体目标下，设计者需要灵活使用这些标准。

1. 设计控制因素

设计控制因素是设计过程中的固定因素，包括车辆、环境、交通（非机动化和机动化）、其他如融合监管的影响等。

1）车辆设计

进行交叉口半径或转弯半径等重要功能设计时，几何设计师应该考虑到对该设施使用频率较高的最大型设计车辆类型或者是在特定位置有一些特殊需求的设计车辆。由于道路瘦身工程会将每个方向的车道数减至一条，设计车辆的性能会对整体车辆运行产生更大的影响。

2）驾驶人

道路瘦身设计应兼容驾驶人的能力和局限性，同时还需要满足驾驶人的期望。设计者还需要考虑对所有道路参与者的引导，如标线、信号等，从而使路径更清晰。

3）非机动车用户

当适当应用时，道路瘦身对包括非机动车驾驶者、行人和机动车驾驶者在内的交通参与者都有好处。行人流量及行人出行特性会影响人行道、人行横道、交通控制功能、公共汽车站及一些可能有行人出行地点的设计。同时，非机动车尺寸与工作特性影响非机动车设施的设计。

4）速度

速度是影响道路几何也是被道路几何影响的最重要、最复杂的因素之一。驾驶人在对道路认知的基础上选择旅行速度。在有以下情况的时候几何设计者应力求实现速度和谐。

（1）指定设计速度在85分位速度的一个范围（如＋8km/h）内浮动；

（2）85分位速度在速度限制的一个范围内浮动；

（3）推断的设计速度大于等于指定的设计速度。

表8-1为考虑设计控制因素时，美国不同功能道路的相关设计控制范围。

表 8-1 不同区域道路设计范围

道路位置	远郊乡村	郊区周边	郊区走廊	郊区中心	城镇周边	城镇中心	城市中心
转向半径/m	9～15	7.5～10.5	9～15	7.5～15	4.5～12	4.5～12	4.5～12
非机动车道宽度/m	不设定	1.5～1.8	1.8	1.5～1.8	1.5～1.8	1.5～1.8	1.5～1.8
人行道宽度/m	不设定	1.5	1.5～1.8	2.7～4.2	3～4.8	3.6～5.4	3.6～6
期望速度/(km/h)	72～88	56～64	56～88	48～56	48～56	48～56	48～56

2. 元素设计

几何设计的主要元素包括视距、坡度、超高。

1）视距

驾驶者需要有足够的视距来控制车辆的运行，避免发生冲突事故。停车视距、决策视距、交叉口视距是与道路瘦身地点最相关的视距。停车视距，即在到达道路上静止不动的物体之前车辆停车需要的距离，道路上所有的点都应该满足。决策视距是指驾驶者必须作出瞬时判断时、信息难以察觉时或有意想不到的行为时需要的必要距离。道路瘦身的关键视距设计包括行人交叉口、公交车站，以及在路边停放的可能成为视线障碍物的车辆处的视距设计。

2）坡度

设计者选择一定坡度使道路的运行速度接近其设计速度。不同道路功能、设计速度、地形道路的最大坡度一般在 5%～12%内浮动。由于道路瘦身，道路横断面上每个方向只有一条车道，设计坡度时，还需要考虑道路设计车辆性能，使坡度与设计车辆相适应。

3）平面曲率和超高

道路瘦身工程可能不会使平面曲率和超高有明显的变化。基本的设计速度、侧摩阻力和超高关系都适用。

3. 横断面元素设计

在考虑道路瘦身工程的时候，设计者需要考虑有过街部分元素，如考虑到通常能被接受的车道宽度，但是车道宽度又需要通过灵活设计来与街道两边的距离相适应。这部分主要探讨过街部分元素设计标准。

1）车道宽度

车道宽度影响运行、安全、服务质量以及道路使用者对安全性的感受。在实践中通常使用 3～3.6m 的车道宽度。在交叉口的辅助车道（如转向车道）通常是与直行车道有相同的宽度，并很少小于 3m。由道路瘦身提供的中央左转专用道宽度通常为 3～4.8m。沿着这些道路公交车道的宽度通常是 3.3～4.5m。

2）中央隔离

中央隔离是指两个对向车道的中间区域，其目的是分离对向交通流。设计宽度取决于道路和其位置的类型。当使用中央隔离时，设计者应该考虑到在中央隔

离中的过街或者转向行为。

3）行人过街安全岛

行人安全岛不仅能够简化行人过街，还能够减少行人过街距离及其暴露在交通流的时间。行人安全岛在道路中提供了一个被保护的空间，可以将行人过街分为两个阶段。在这种情况下，行人过街的时候每次只需要在一个方向寻找过街空隙即可。行人安全岛至少应该有 1.8m 宽，2.4～3m 时会较为理想。实行道路瘦身的道路，行人安全岛可以利用中央左转专用道或其附近的空间设置。表 8-2 总结了部分道路瘦身横断面元素的设计标准。

表 8-2　道路瘦身横断面元素设计标准

元　　素	设计原则或标准
车道宽度	一般车道 3～3.6m；中央左转专用道 3～4.8m；公交车道 3.3～4.5m
行人安全岛	至少 1.8m；理想 2.4～3m；可利用中央左转专用道设置
非机动车设施	一般为 1.5m；最小 1.2m；空间大于 2.1m 时考虑设置缓冲空间
街道停车空间	至少 2.4m；理想 3～3.6m
公交出口	为防止公交车堵塞后行车辆而设，长度为 15m，过渡渐窄区段纵横比 5∶1
横断面过渡设计	道路瘦身与传统道路的过渡区段，车道宽度增加纵横比 15∶1

4. 交叉口设计

交叉口设计的基本原则适用于道路瘦身工程内及其邻近的交叉口，图 8-20 为一个实施了道路瘦身改造后的 T 形交叉口。以下列出了一些道路瘦身工程中交叉口的设计原则。

（1）道路应该尽可能直角相交，且坡度尽可能平坦。

（2）需要检查道路瘦身改造道路内及其附近的交叉口视距。需要保证驶向交叉口的机动车驾驶人对整体交叉口有一个无阻碍的视野范围，同时也需要保证停止在交叉口内车辆的驾驶人有一个充足的视距，以方便其决定过街或转向时机。



图 8-20　道路瘦身 T 形交叉口

（3）在实施道路瘦身时，需要分析评估右转车辆的延误情况，从而决定是否需要右转车道，并依据右转车辆类型设计右转车道转向半径。在行人和非机动车经常使用而货车很少使用的道路上，应该使用较小的转向半径，减少交叉口区域范围及降低转向速度。然而，当有较大型车辆使用的道路，需要考虑大型车辆流量与一般尺寸，并应分析转向路径、转向占用面积以及转向对运行和安全性的影响。

（4）单车道环形交叉口，如图 8-21 所示能通过消除冲突类型及降低交叉口运行速度来提升安全性。但在道路瘦身改造工程中设置环形交叉口时，需要考虑公众反映和接受程度。



图 8-21　环形交叉口

（5）如果道路瘦身改造工程包含非机动车道，那么交叉口设计也应该有相应的修改。交叉口处应该有非机动车设施，如有右转车道的交叉口，需要车道标线将非机动车与右转车道分离。

（6）通过缘石坡道的设计，可以同时满足所有用户，包括那些有移动障碍、视觉障碍、认知障碍及其他障碍的用户。缘石坡道应该设置在人行道宽度之内，且完全在机动车道外。

8.4.2　运行设计

本节主要考虑了横断面、行人过街、信号变化、过渡区域、人行道标线等方面的设计。

1. 道路横断面空间分配设计

道路瘦身改造需对现有道路横断面再分配时，需要考虑道路瘦身改造工程目标及其服务用户的需求。此外，设计者需要决定每一条车道的类型和宽度。三条车道道路的车道类型包含但不限于直行机动车道、中央左转专用道、非机动车道、公交车道、停车车道这几种。每一条改造的道路都应该单独评估和设计。

2. 行人过街设计

在某些情况下，行人穿越三车道道路时，可能会将中央左转车道作为非正式的保护区域，但这可能导致机动车与行人冲突，通过设置行人过街安全岛可以缓解这个问题。但是，行人安全岛可能为中央左转专用道的左转车辆增加了一个潜在的障碍，所以设计行人安全岛时需要注意其适用性。

此外，通过“灯泡型”转角能减少行人过街的长度，减少行人过街的信号灯时间，增加行人过街视距。设计“灯泡型”转角时不应该延伸至非机动车道，最好能与街道停车区域连接，此外，还需要考虑减小转向半径，具体如图 8-22 和图 8-23 所示。

3. 交叉口信号控制变化设计

当进行道路瘦身时，需要考虑修改交通控制信号相位和配时，从而来减少交通运行影响。首先，主要道路上交通流因为车道数量的减少，需要额外的绿灯时间（尤其是在高峰小时），从而来保持服务水平，但这会增加次要道路上交通的延误。

其次，在实行道路瘦身改造后，调整信号朝向很重要，需要使信号朝向与现有的车道结构相适应，且每条车道至少需要一个信号灯，从而保证运行水平。最后，还可以考虑环形交叉口，可通过减少排队，提供更流畅的交通流，从而改进交通运行水平。



图 8-22　行人过街安全岛



图 8-23　“灯泡型”转角示意图

4. 道路标志标线设计

三车道道路的标志标线应该按照《统一交通控制设施手册》(MUTCD)的要求和建议来设置施划。如果道路瘦身工程包含了车道标线的重画，需要将旧标线清除干净，未清理干净的车道标线可能会对驾驶人产生误导。



8.5　道路瘦身效果评价

道路瘦身实施后评估能够确定其对安全性、运行等方面的影响。以下介绍几种评价方法。

8.5.1　道路瘦身安全评价分析

在道路上实施类似于道路瘦身改造的工程，道路几何形状会发生较大的变化，这种工程一般都包含正式的安全评估，从而来分析该工程对交通冲突以及其他安全因素的影响。

1. 安全评价分析数据需求

最典型的安全评价分析是交通冲突研究分析。设计者一般用官方报告数据来对比改造前后交通冲突情况。一般而言，都是利用改造前后 3 年的数据作为安全评价指标，短期数据可作为评估交通冲突的初始来源基础。除了交通冲突数据以外，还需要交通流量数据，从而可以估算改造前后的交通冲突率，评价交通系统安全性。

2. 改造前后对比评估法

改造前后对比评估法是评估安全性常用手段，主要通过对比某些交通安全指标，得出效果结论。道路瘦身改造工程一般是以交通冲突影响指标为基础进行对

比分析，主要对比指标为冲突事故数量与冲突事故率。

可以以改造后的任何路段作为改造组，但是，如果一个改造后地段是一个短期高冲突率的地方，评估时会出现回归偏差。很可能即使没有改进措施，交通冲突也会降低。因此，回归偏差可能会被误认为是改造影响。使用经验贝叶斯（Empirical Bayes）理论可以解决回归偏差的影响。经验贝叶斯理论通过采用一条其他的相似道路进行冲突对比，解决了均值回归的问题。这主要是通过使用安全表现函数（SPF）以及对安全表现函数预测的平均冲突频率与观察到的冲突频率对比，从而获得理想的平均冲突频率。

一些与改造无关的因素，如交通量总趋势变化、交通法规变化、天气、经济条件等，也可能造成交通冲突指标变化，故使用前后对比评估法时，需要保证对照组与改造组在内在性质上相同。在进行前后对比分析时，一个对照组通常应与改造组有近似的交通流量、几何形状，以及一些其他特征。对照组可以使用与改造道路同一区域的类似的一条或多条道路。应该收集对照组和改造组同时期的冲突数量与交通流量数据。

3. 基于其他因素的安全评价

除了使用基于改造前后的冲突数据进行的数据导向型道路瘦身的安全性评估之外，一些其他因素也可以反馈实际与期望的安全性效果。

(1) 交通冲突点

交通冲突的定义为包含两个或以上的道路使用者的交通冲突事故，其中至少有一方采取了如制动或急转弯的规避措施来避免冲突。为了进行道路瘦身冲突分析，需要对比改造前后追尾冲突的变化，以及机动车与行人或机动车之间的冲突。

(2) 速度

速度的大小和速度的变化都能对交通系统安全性产生影响，较高的行驶速度增加了冲突的可能性和严重性，所以需要判断道路瘦身是否对交通系统降低速度有效。同样地，车辆间的行驶速度不一致，也可能会增加追尾或者侧击冲突事故的发生，因此也需要判断道路瘦身对速度差异的减少是否有效。

(3) 舒适程度

舒适程度是一个主观的测算指标，对行人和非机动车较为适用。为了评估道路瘦身舒适水平，可以进行一系列关于行人或非机动车与机动车的冲突评估，并对大量的非机动车道使用者进行采访调研。

8.5.2 运行分析

1. 机动车运行分析评价

(1) 交通流量

改造前后对比分析应该检测日常交通流量与高峰小时交通量是否有变化，评估交通量可能的变化来判定道路瘦身后是否有交通流量的转移。但在判定时需要

结合实施的社会环境背景，如经济萧条可能会造成交通量下降，充分全面分析交通量的变化转移情况。

（2）服务水平

道路服务水平一般是由交通流的连续性确定的，而交叉口服务水平是由平均车辆延误估算的。通过参照不同地区的交通服务水平手册来判定其服务水平是否在可接受范围内，与服务水平最相关的因素是交通控制信号密度与路段长度。对于交叉口而言，应该考虑整体服务水平，但其分析也需要具体到每个交叉口的个体。

（3）速度

设计者需评估道路瘦身改造工程导致的实际速度变化。主要通过雷达、浮动车来收集并比较改造前后平均速度、85 分位速度等。

（4）双向左转专用道运行

双向左转专用道通过将直行车道中的左转车辆引导至转向专用道来提高直行交通的运行性能，同时也降低了左转车辆带来的不确定性。但左转交通可能会有额外的延误，因为所有的直行车辆都在一条车道上运行，因此可用的插入间隙相对更少。左转车辆延误决定于交通信号配时、街道停车行为以及因为行人过街而停止的车辆。

（5）排队长度

排队行为可能会因为只有一条直行车道而增加，但也可因为左转车辆不再在直行车道上排队而得到弥补。需要考虑信号灯间隔，以至于排队现象不会延伸至上游交叉口。这可能是那些信号灯间隔小且交通流量较高的道路需要考虑的。道路信号控制交叉口需要再次配时从而确保最优方案。

（6）货车、慢车、公交车

前文也有提到，将每个方向的直行车道从两条减至一条，在有大、重型车辆如公交车、货车、农用车的时候，可能会对其他正常车辆运行产生一定的影响。在进行道路瘦身改造工程时，要对在道路上行驶的大、重型车辆特殊考虑，评价其对正常交通延误及诱导正常交通车辆非法使用中央左转车道的情况。

2. 非机动车运行分析评价

非机动车运行可以从行人可达性与道路非机动车可使用性来评估。3 项研究表明在实行道路瘦身后，行人和非机动车对道路的使用增加了。

（1）行人过街评价

主要评价行人在无信号控制交叉口过街的等待时间以及行人过街的舒适性。但是对比改造前后行人过街行为可能会比较困难，因为行人在未改造的四车道道路可能会因为安全问题及舒适性问题而避免过街。同时，如果在交通流中有较少的过街间隙，行人可能会专门在信号控制交叉口过街。

（2）行人过街停车率评价

道路瘦身能够消除行人连续在同一方向穿越两条车道面临的多重风险。例

如，第一条车道的车辆因为行人过街而停止，但是第二条车道的驾驶人因为没有看见行人而没有充足的时间停车。这种问题可以通过停车率在改造前后进行对比分析。

（3）行人流量与非机动车流量评价

行人和非机动车可能会因为舒适性和安全性问题而不会在没有专有非机动车道及行人设施的四车道道路上出行。他们可能会转向舒适性和安全性较好的、有专有非机动车道及行人设施的道路（如人行道、过街时穿越更少的车道或设置有行人安全岛）。可对比改造前后行人与非机动车流量，来分析评价其对行人与非机动车的出行效果。



8.6 道路瘦身案例介绍

8.6.1 加拿大道路瘦身改造案例

1. 改造地点概述

温哥华第四大道为一条主要干道，为包括货车运输在内的各种交通运输提供服务。第四大道连接五号洲际公路至西温哥华区域，包含了娱乐、工业及港口。在第四大道实施道路瘦身改造之前，该条道路被设计为一条洲际货运线路。当第四大道实施道路瘦身改造后，与其平行的米尔平原大道被设定为货运绕道线路。这条新的线路移除了第四大道上的部分货运流量，保证了道路瘦身的成功实施。图 8-24 和图 8-25 为改造前后实拍图。



图 8-24　改造前第四大道实拍



图 8-25　改造后第四大道实拍

2. 改造目的

（1）用最少的成本来改善所有交通参与者的出行环境；

（2）一个安全高效的运输系统；

(3) 降低该道路的冲突事故数量与频率;

(4) 提高行人与非机动车的可出行性;

(5) 在交通运行、货物运输及周边社区宜居性中寻找平衡点。

3. 改造效果

2004 年 4 月,有关部门通过网络调查来研究公众对道路瘦身改造后的满意程度。大部分受访者对改造结果表示满意,同时还注意到交通、安全性与宜居性的改进,主要效果有以下几点。

(1) 改造后,道路交通安全性大幅提升;

(2) 改造后,第四大道为非机动车与行人提供了出行环境,且道路容量仍然较充足,没有机动车排队问题;

(3) 居民调查显示,大部分受访者认为道路瘦身改进了交通问题;

(4) 居民调查显示,尽管第四大道并不被作为一条住宅街(如受访者不会让孩子在街上玩耍),但道路瘦身工程实现了一个更安全、更平静的交通环境。

8.6.2　日本道路瘦身改造案例

1. 改造地点概述

在京都,市中心的河原町四条通属于京都首屈一指的商业旅游地区,每天行人不断,周末早 7 点至晚 7 点的 12 个小时要通过 4 万人。1.1km 的路段上有 16 个公交站和 6 个出租汽车搭客站,排队等候公交的人使得人行道更加拥挤,如图 8-26 所示。当前,长 1.1km 区间正在进行一项在日本都很少见的工程——将横贯中心的主干道的机动车道数量减半——将 4 条机动车道压缩为 2 条,将两侧人行道从 3.5m 扩展为 6.5m,如图 8-27 所示。

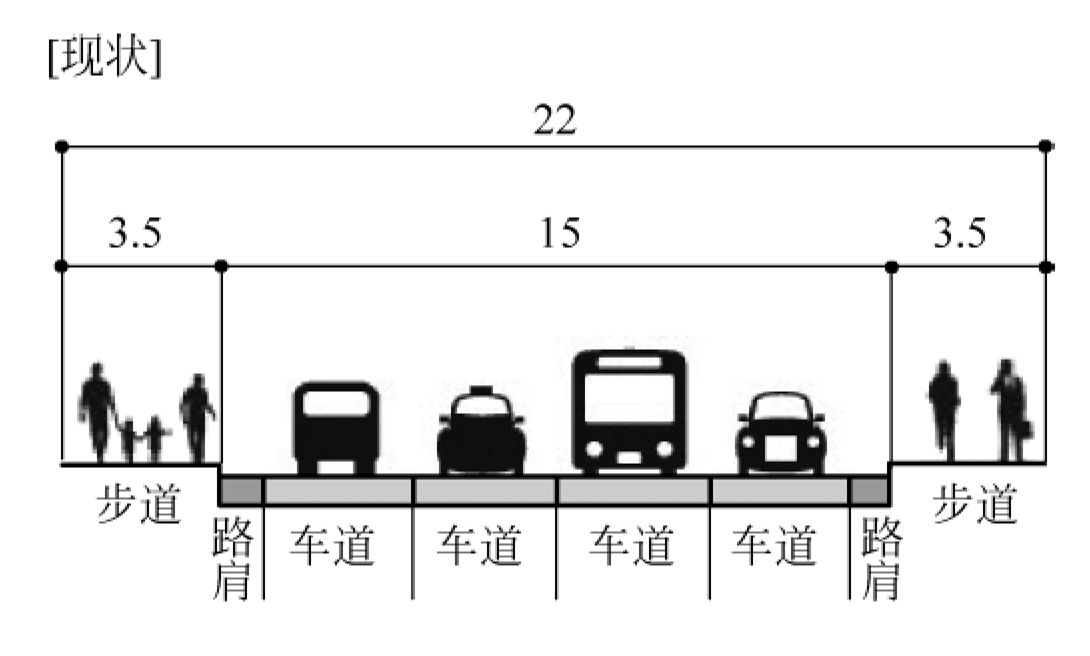


图 8-26　现状道路断面示意图

2. 改造效果

通过对四条通进行道路瘦身,改造后为该道路创造了更宽裕的步行空间,且能够激发街区的活力,其优点具体体现在以下两点。

(1) 通过展宽人行道,可以使其保持繁荣和继续发展。改造后,不仅更容易行

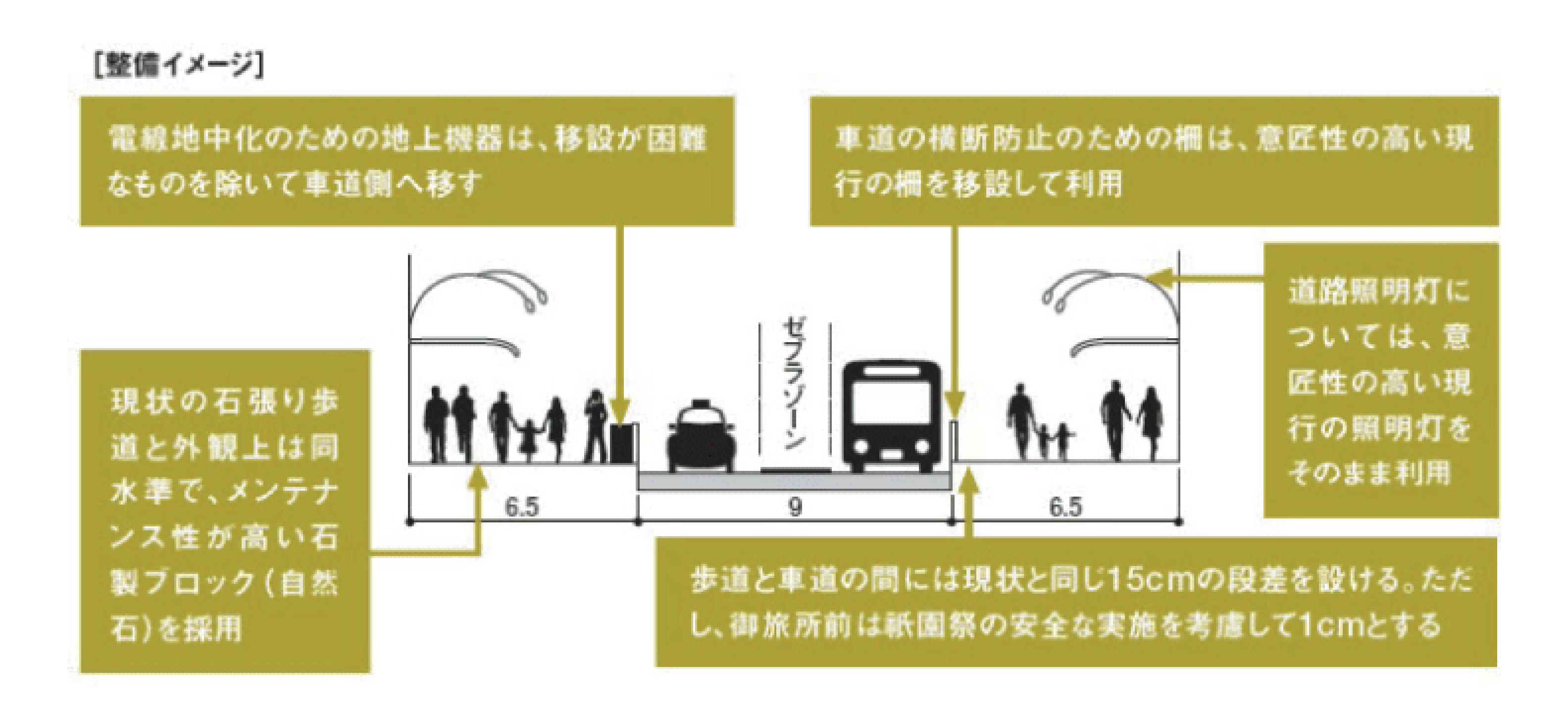


图 8-27　规划改造后的道路断面示意图

图片来源：http://www.nikkei.com/article/DGXMZO86089460U5A420C1000000/

走，京都市还预计会增加 20％的客流。这个预测是基于 2007 年在四条通开展的一项将步道加宽 1 倍的社会实验，实验显示步行者增加了 20％。

（2）车道减少会使得机动车通过时间增加 10％，影响较小的原因在于原来的四条通小汽车临时停靠现象较为普遍，使得外侧车道的通行能力只有内侧车道的两到三成，整条道路的交通流量接近与之相邻的只有双向两车道的三条通，而三条通是畅通的。因此判断改造后引起拥堵的危险较低。

8.6.3　美国道路瘦身改造案例

在美国，道路瘦身这种交通组织形式已经得到了推广，美国各州开始纷纷推行这一交通组织形式。西雅图为改善城市街道和鼓励步行、自行车出行采用了道路瘦身方案。自 1972 年以来，西雅图交通部门建设了 29 条道路瘦身改造道路。在 2010 年完成了 5 条道路瘦身项目；2011 年增加 5 条道路瘦身项目；2012 年增加 2 条道路瘦身项目。加利福尼亚州对这一政策十分推崇，旧金山、圣何塞市以及圣安德鲁市等都对市内的多车道道路进行道路瘦身改造，如图 8-28～图 8-30 所示。



图 8-28　美国加州圣里安德鲁市十四区道路瘦身道路





图 8-29　波士顿道路改造前



图 8-30　波士顿道路改造后



8.7　道路瘦身在我国应用的思考

道路瘦身通过减少机动车道所占空间，力争为所有交通参与者提供可出行的交通环境，满足各种出行需求，同时在不影响交通运行的情况下，提升交通系统安全性。这种低成本的改造方式，今后将会是美国道路改造的趋势之一。而道路瘦身如果在我国应用，还需要结合我国的实际情况。

从道路瘦身的特性来看，道路瘦身实际上是一种综合优化已有道路空间使用的策略，即在不明显降低通行能力的情况下，通过车道的优化提高道路的安全性并为各种方式的出行者提供良好的通行空间。近年来我国大中城市乃至部分小城市的道路机动车拥堵日益加重，使得城市道路规划、设计及管理部门自然而然地尽可能压缩非机动车与行人的通行空间而将更多的道路资源用来为机动车服务，最终导致城市道路优先服务对象的逐渐单一化，非机动车及行人通行空间日渐不足。

道路瘦身的道路利用策略有较明确的应用范围和较强的局限性，例如最为常见的"四改三"的交通组织方式未必适合我国城市道路的具体情况，同时，其对节省出来后的空间上的非机动车通行空间的利用分布，也与美国道路上自行车交通流量较小、种类简单有一定的关系，未必适合我国非机动车交通流的特点。然而，其提高交通安全性、平衡不同交通方式等的理念值得我国未来城市道路设计与管理借鉴。

1. 道路安全性的提升

安全、畅通是道路设计和使用最为关注的方面，而二者的协调往往是需要不断地权衡和优化。在进行道路设计时，通过合理评估道路交通流量需求，合理协调路段及交叉口通行能力的匹配，从而合理设定路段、交叉口范围内的机动车道数量与宽度，并为行人与非机动车设置相应的服务设施，如人行道、非机动车道、行人安全岛、非机动车与机动车之间的缓冲空间等。从而力求在不明显降低机动车通行能力的前提下，通过降低机动车超速率，减少机动车间速度差异，减少机非冲突点，增加为弱势交通群体提供的安全设施等，使道路交通系统的安全性得以提升。

2. 道路功能的完善及“绿色”道路的推进

目前，我国众多城市都处于出行方式快速转型的过程中，数十年前占城市居民出行绝对主导地位的非机动车与行人开始逐渐让位于机动车出行。在此情况下，如何通过道路功能的合理划分降低机动车交通在道路系统中“过高”的地位，是我国城市道路交通系统必须面对和回答的问题。道路瘦身实际上减少的是道路资源中用于为机动车服务的比例，对某些类型的道路通过实施道路瘦身理念，将道路空间不仅仅局限于为机动车出行服务，还考虑到行人、非机动车与公共交通的出行空间，使道路功能更加完善。对于我国城市道路而言，在当前总体趋势是过于强调为机动车服务的背景下，利用道路瘦身重新划分道路通行权空间，通过利用机动车节省出的空间来进行街道绿化，通过将行人、非机动车、公交出行的便利性提升到良好的层面，吸引更多的行人与非机动车出行，提升道路活力。同时亦可结合“公交优先”发展战略，在可能的道路上通过压缩机动车宽度或减少机动车道条数来增设公交专用道，以提高公交吸引力，调整居民出行方式结构，完善道路服务功能。

3. 与我国现行标准的协调

需要注意的是，本章前面的一些数据主要是针对美国道路的情况，我国对于城市道路亦有自己的设计要求和标准，在实施中需要进行相应的参考和借鉴。目前我国的城市道路车道宽度一般为3～3.5m，比国外的车道宽度要大，近年来国内许多城市已就缩窄车道宽度问题做了试点，部分地区将车道宽度缩窄至2.7～2.8m以增加车道数量，取得了良好的效果，因此，在车道宽度上可以进行协调规范。同样，在非机动车道宽度方面，美国在道路瘦身后设置的非机动车道往往在1.5m左右，但国内由于非机动车交通流量较大，这样宽度的非机动车道在某些情况下无法满足实际需求，需要相应的增加。

（主笔：清华大学 李瑞敏、杨帆航，北京易华录信息技术股份有限公司 夏晓敬）



参考文献

[1] ROSALES J. Road Diet Handbook: Setting Trends for Livable Streets[R]. Institute of Transportation Engineers: Washington, DC, 2006.

[2] HARWOOD D W. Multilane Design Alternatives for Improving Suburban Highways[R]. Transportation Research Board, National Research Council, 1986.

[3] KNAPP K K, WELCH T M, WITMER J A. Converting Four-Lane Undivided Roadways to a Three-Lane Cross Section Factors to Consider[J]. Transportation Frontiers for the Next Millennium Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers, 1999.

[4] TAN C. Evaluation of Lane Reduction “Road Diet” Measures on Crashes[R]. FHWA Report, Washington, DC, 2010.

[5] STOUT T. Before and After Study of Some Impacts of 4-Lane to 3-Lane Roadway

Conversions [EB/OL]. 2005 [2016-02-17]. http://www. intrans. iastate. edu/mtc/documents/studentPapers/2005/stout. pdf.

[6] 4th Ave: Atlantic Av-15th St Project Evaluation and Next Phases. [EB/OL]. [2016-02-17]. http://www. nyc. gov/html/dot/downloads/pdf/2015-04-16-4th-ave-park-slope-cb6-evaluation. pdf.

[7] ZEGEER C V, STEWART J R, HUANG H H, et al. PA Lagerwey, Safety Effects of Marked vs. Unmarked Crosswalks at Uncontrolled Locations: Executive Summary and Recommended Guidelines[J]. Aged, 2002.

[8] CURRY M. Modesto Road Diet, Bike Lanes Are Nearly Complete[EB/OL]. 2015[2016-05-10]. http://cal. streetsblog. org/2015/10/21/modesto-road-diet-bike-lanes-are-nearly-complete-already-being-used.

[9] KNAPP K K. Road Diet Information Guide[R]. FHWA-SA-14-028, US Department of Transportation, 2014.

[10] KNAPP K K, GIESE K. Guidelines for the Conversion of Urban Four-Lane Undivided Roadways to Three-Lane Two-Way Left-Turn Lane Facilities[J]. Bicycles, 2001.

[11] CHU X, BALTES M. Measuring Pedestrian Quality of Service for Midblock Street Crossings: Selection of Potential Determinants [J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2003, 1828(1): 89-97.

[12] KNAPP K K, WELCH T M, WITMER J A. Converting Four-lane Undivided Roadways to a Three-Lane Cross-Section: Factors to Consider[J]. Transportation Frontiers for the Next Millennium Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers, 1999.

[13] GARVEY J F. Flexibility in Highway Design [EB/OL]. 2012 [2014-02-12]. http://www. fhwa. dot. gov/environment/publications/flexibility/flexibility. pdf.

[14] GATTIS J L. NCHRP (National Cooperative Highway Research Programme) Report 659: Guide for the Geometric Design of Driveways[R]. Washington, DC: Transportation Research Board, 2012.

[15] LLUNENFELD H, AlEXANDER G J. User's Guide to Positive Guidance [M]. 3rd ed. Washington, DC: Federal Highway Administration, 1990.

[16] CAMPBELL J. NCHRP (National Cooperative Highway Resarch Programme) Report 600: Human Factors Guidelines for Road Systems [R]. 2nd ed. Washington DC: Transportation Research Board, 2012.

[17] AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Guide for the Development of Bicycle Facilities[M]. 4th ed. 2012.

[18] Speed Concepts: Informational Guide[R]. FHWA-SA-10-001, 2009.

[19] Texas Department of Transportation. Roadway Design Manual[S]. 2013.

[20] US Department of Transportation. Road diet case study[R]. FHWA-SA-15-052.

[21] ZYKOFSKY P. Road Diets and Roundabout[EB/OL]. [2016-05-10]. http://www. lgc. org/aul-zykofsky-aicp-local-government-commission-san-diego-pdf-6-3-mb/.

[22] Hauer E, Harwood D W, Council F M, et al. Estimating Safety by the Empirical Bayes Method: A Tutorial[S]. 2002.

[23] HAUER E. Observational Before/After Studies in Road Safety [M]. Elsevier Science Ltd, 1997.

[24] FHWA. Context Sensitive Solutions[EB/OL]. http://www.fhwa.dot.gov/context/what.cfm.

[25] Draft Post Implementation Report for Fourth Plain Boulevard Re-Striping Project[R]. City of Vancouver，Washington，2004.

[26] 中华人民共和国标准. GB 50688—2011 城市道路交通设施设计规范[S]. 北京：中国计划出版社，2012.